
DaK
В. Мураховский
ЖЕЛЕЗО
ПК
2005
2006
новые
возможности
ПИТЕР

ББК 32.973.23-04
УДК 004.3
М91

Мураховский В. И.

М91 Железо ПК. Новые возможности. — СПб.: Питер, 2005. — 592 с: ил.

ISBN 5-469-01056-2

В книге дана масштабная картина современного состояния аппаратных средств вычислительной техники и компьютерных технологий с акцентом на их практическое применение. Подробно рассмотрены типовые платформы персональных компьютеров: настольных, мобильных, карманных. Показаны особенности накопителей, дисплеев, мультимедийных компонентов, устройств управления и ввода данных. Широко представлены современные архитектуры центральных и графических процессоров, чипсетов, модулей памяти.

Основное внимание уделено принципам взаимодействия компонентов, функциям и возможностям интерфейсов. Специальный раздел посвящен актуальным технологиям построения локальных сетей и обеспечения доступа в Интернет. Подробно описаны структура и механизм настройки BIOS.

Популярный уровень изложения позволяет использовать книгу как практическое руководство, доступное читателю, не имеющему специальной подготовки. Четкая структура подачи материала и насыщенность информацией превращают издание в удобное справочное пособие.

ББК 32.973.23-04
УДК 004.3

ISBN 5-469-01056-2

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ПЛАТФОРМА

ИНТЕРФЕЙСЫ

ГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

КОМПОНЕНТЫ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ПЛАТФОРМА

ИНТЕРФЕЙСЫ

ГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

КОМПОНЕНТЫ

Введение

Железный поток

Владелец компьютера живет в очень изменчивом мире. Его персональный плотик-компьютер упрямо преодолевает бурные просторы океана информационных технологий. Иногда на горизонте возникает девятый вал, накопивший чудовищный потенциал новых идей и технических решений. Он беспощаден почти ко всем конструкциям, тщательно собранным в старые добрые времена. Пользователь вынужден тратить немало средств и времени на поиск и установку компонентов, удовлетворяющих новым условиям.

Что происходит с теми, кто решил прекратить борьбу? Их уносит все дальше и дальше... в прошлое. Вскоре они обнаруживают, что потеряли связь с соседями, что их уже не приглашают на борт белоснежных лайнеров, развозящих современные программы, что их не замечают девушки... В конце концов, чтобы не утонуть вовсе, человек бросает старый и покупает новый компьютер, на короткое время обретая стабильность.

Самые ушлые обитатели компьютерного мира предугадывают появление технологических волн и вовремя заменяют ключевые компоненты конструкции. Этот процесс известен под названием «апгрейда». Их плотики как бы получают свой двигатель и почти всегда плывут на гребне очередной волны.

На рубеже 2004—2005 гг. в океане информационных технологий возникло мощное технологическое возмущение, обещающее значительные перемены в мире персональных компьютеров. Ключевые изменения коснутся платформы ПК, архитектуры центральных процессоров, интерфейсов, способов построения локальных и домашних сетей. Сейчас заметно снизился темп технологической гонки, ориентированной на рекордную производительность компьютеров. На первый план постепенно выходят функциональные возможности, удобство эксплуатации, снижение стоимости владения и другие параметры, ранее считавшиеся второстепенными.

Наша книга поможет внимательному читателю принять верное решение при выборе конфигурации нового компьютера или апгрейде действующего. В первую голову попробуем описать ключевые тенденции развития технологий в компьютерной индустрии.

Платформа

Компоненты BTX

Платформа форм-фактора *ATX* была предложена компанией *Intel* в 1995 г. С тех пор потребности компьютерных компонентов выросли в несколько раз. Достаточно сказать, что десять лет назад стандартным считался блок питания мощностью 200 Вт, а ныне компания *nVidia* рекомендует для систем на основе своих компонентов иметь блок питания мощностью не менее 480 Вт.

Если же ориентироваться на самые производительные компоненты, понадобится блок питания с мощностью около 600 Вт. Архитектура платформы *ATX* уже не обеспечивает нормального охлаждения устройств при столь большой мощности. В качестве способов решения проблемы появляются водяные и другие экзотические системы охлаждения. А шум, создаваемый многочисленными вентиляторами воздушной системы охлаждения, сравним с ревом взлетающего вертолета.

В 2003 г. корпорация *Intel* представила форм-фактор *BTX {Balanced Technology Extended),* обеспечивающий эффективное охлаждение компонентов большой мощности, пониженный шум систем охлаждения, компактность монтажа. Сейчас можно констатировать, что платформа *BTX* получила признание: на рынке появилась широкая номенклатура системных плат и корпусов.

Развитие компактных систем

Компактные настольные компьютеры, получившие общее название *Barebone* (скелетная система) или *Small Form Factor {SFF),* приобретают все большую популярность. Первоначально их возможности соответствовали требованиям к офисным компьютерам.

В дальнейшем появились SFF-системы, успешно справляющиеся с функциями мультимедийного компьютера. Наконец, были разработаны конструкции, удовлетворяющие требованиям к рабочим станциям. На сегодняшний день можно выбрать SFF-систему любого класса, не уступающую в производительности и функциональности полногабаритному ПК.

Отличительными особенностями мультимедийной компактной системы **служат небольшие** габариты, дизайн корпуса в стиле бытовой аппаратуры, воспроизведение оптических дисков без включения ПК, дистан-

ционное управление воспроизведением контента, распределение аудио и видеопотоков на внешние бытовые устройства. Такие системы получили общее название *Home Theater PC (HTPC)*.

Процессоры

Переход на 64-битную архитектуру

23 сентября 2003 г. компания *AMD* представила публике первый 64-битный процессор для платформы *IBM PC — Athlon 64.* Это событие ознаменовало начало нового этапа развития отрасли персональных компьютеров. Переход на разрядность в 64 бита стал эффективным способом повышения производительности процессоров. Достаточно сказать, что 32-битные процессоры *Intel Pentium 4* при большей на гигагерц (!) рабочей частоте имеют практически равную производительность с *AMD Athlon 64.*

С расширением номенклатуры операционных систем и приложений, имеющих 64-битный код, преимущества 64-битных компьютеров станут еще заметнее. Компания *Intel,* имея хороший задел в производительности *Pentium 4,* не торопилась с поддержкой 64-битных вычислений в настольных компьютерах. И все же под давлением конкурента *Intel* была вынуждена внедрить в процессоры для настольных ПК технологию *EM64T,* полностью совместимую с *AMD64.* Видимо, с расширением номенклатуры 64-битных приложений постепенно произойдет переход компьютеров платформы *IBM PC* на 64-битные вычисления.

Разработка двухъядерных процессоров

Ведущие компании вкладывают значительные средства в разработку архитектур с несколькими процессорными ядрами на одном кристалле. Проблем здесь хватает. Такая архитектура требует эффективного арбитража нескольких ядер и оптимального программного распараллеливания задач. Поэтому прирост производительности не может быть кратным наращиванию количества ядер в процессоре. Вспомним, что внедрение технологии *Hyper-Threading* (виртуального второго ядра) в процессорах *Intel Pentium 4* дало незначительный прирост производительности на реальных задачах. Напротив, повышение рабочей частоты приводит к практически пропорциональному росту эффективности. Однако наращивание частоты требует перехода на более жесткие технологические нормы, а это очень дорогостоящее мероприятие.

Многоядерная архитектура процессора давно применяется в серверных системах. Например, еще в 2001 г. компания *IBM* разработала двухъядерный процессор *Power4.* Но двухъядерная архитектура *AMD* стала первой в настольных системах. Отметим знаменательный факт: компания *AMD* с внедрением 64-битной архитектуры и двуядерных процессоров

на каком-то этапе стала лидером технологической гонки, на шаг опережая корпорацию *Intel* во внедрении передовых технологий. В конечном итоге на рынке одновременно присутствуют 64-битные двухъядерные процессоры для настольных систем обоих производителей: и *AMD* и *Intel.*

Интерфейсы

Переход на последовательные шины

Еще несколько лет назад в компьютерной технике для подключения низкоскоростных устройств использовали последовательные интерфейсы, а для высокоскоростных устройств — почти исключительно параллельные. В настоящее время возможности повышения пропускной способности параллельных интерфейсов в значительной мере исчерпаны. Сейчас наблюдается массовый переход на последовательный принцип обмена данными как для внутренних, так и для внешних интерфейсов. Например, внутренние устройства расширения мигрируют на последовательную шину *PCI Express,* а для внешних устройств повсеместно используют последовательные шины *USB* или *FireWire.* Компания *AMD* первой стала использовать в качестве системного интерфейса последовательную шину *Hyper Transport.* На очереди стоит шина памяти.

Беспроводные интерфейсы

Внедрение технологий цифровой передачи данных по радиоканалу позволило стандартизировать интерфейсы внешних устройств и значительно расширить их номенклатуру. Первыми лишились проводов нетребовательные к пропускной способности устройства ввода: клавиатура и мышь. Если раньше каждый производитель изобретал свой вариант беспроводного интерфейса, то сейчас практически все используют стандартную технологию *Bluetooth.* Более требовательные к пропускной способности устройства (принтеры, сканеры, внешние накопители, сетевые контроллеры) удобно подключать по интерфейсу *Wi-Fi.* Многие бытовые устройства (мобильные телефоны, цифровые фото- и видеокамеры, акустические системы и другие) также подключаются к компьютеру по интерфейсам *Bluetooth* или *Wi-Fi.*

Память

Неочевидные решения

В свое время переход от памяти типа *SDRAM* к технологии *DDR SDRAM* и применение двух каналов на шине памяти позволили решить проблему согласования производительности процессора и пропускной способности памяти. Сейчас возможности развития *DDR SDRAM* практически исчер-

паны. Внедрение технологии *DDR2 SDRAM* является временным решением, дающим мизерные преимущества, вряд ли соизмеримые с затратами.

Очевидно, что требуются принципиально новые подходы к организации оперативной памяти. Перспективным направлением выглядит технология полностью буферизированной памяти *FB DIMM.* Возможно, что одним из приемлемых вариантов станет технология *XDR,* предлагаемая компанией *Rambus.*

Системная логика

Интеграция всего и вся

Системные платы все более приобретают черты законченного решения для построения компьютерных систем. В области системной логики хорошим правилом считается поддержка чипсетом современных технологий: двухканальной памяти, последовательной шины *PCI Express, LAN* уровня *Gigabite Ethernet, Serial ATA,* нескольких портов *USB, FireWire,* многоканального звука. На уровне системной платы зачастую поддерживаются технологии *RAID, Wi-Fi, Bluetooth.* Для сборки бюджетных компьютеров обычно применяют комплекты системной логики с интегрированным графическим ядром, зачастую реализованные на одной микросхеме. Таким образом, для построения системы начального уровня сейчас достаточно иметь процессор, оперативную память, системную плату, корпус, жесткий диск и привод оптических дисков.

Звук бесплатно, то есть даром

Отдельной «песни» заслуживает развитие интегрированных в системные платы устройств обработки звука. Сейчас можно утверждать, что звуковые карты начального и среднего уровня уходят с рынка, не выдерживая конкуренции с интегрированными в системные платы устройствами. Действительно, современные встроенные решения обеспечивают поддержку многоканального звука на уровне, адекватном запросам большинства пользователей. По крайней мере, предлагаемого качества вполне хватает для воспроизведения *MP3* и звукового сопровождения игр. В частности, на платформе *Intel 915/925* в южный мост *ICH6* интегрирован звуковой контроллер *Intel High Definition Audio,* не уступающий по характеристикам звуковым картам среднего уровня.

Накопители

Технология RAID в настольных системах

Термин *RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks)* в буквальном переводе означает «избыточный массив недорогих дисков». Несколько дис-

ков можно объединить в одну систему, называемую дисковым массивом. Такое логическое устройство обладает либо повышенной скоростью работы по сравнению с отдельным диском, либо повышенной надежностью хранения данных, либо и тем и другим вместе.

Существует несколько способов объединения дисков в массивы, которые называются *Level* (уровнями) *RAID*. Так, *RAID Level 0* означает распараллеливание операций между несколькими дисками, при этом скорость обмена данными растет пропорционально числу дисков. *RAID Level I* означает одновременную запись одних и тех же данных на несколько дисков, при этом растет надежность хранения данных.

Удешевление жестких дисков, появление чипсетов с интегрированным RAID-контроллером открыло этап использования RAID-массивов в настольных компьютерах. В домашних условиях применение *RAID Level O* дает прирост производительности на 20-60% по сравнению с обычными дисками.

Твердотельные накопители

Накопители на базе флэш-памяти продолжают победное шествие в компьютерной технике и бытовой электронике. Флэш-накопители с интерфейсом *USB* практически уничтожили рынок *FDD* и дискет. Можно с большой долей уверенности говорить о том, что с ростом емкости и снижением стоимости флэш-памяти очередной жертвой флэш-накопителей станут оптические диски *CD-RW*.

Холодная война: HD-DVD против BD

Продолжается война новых форматов оптических носителей высокой плотности: *Blu-Ray Disk (BD)* против *High Density DVD (HD-DVD)*. Формат *HD-DVD* получил официальное одобрение таких монстров Голливуда, как *Warner Bros, Paramount Pictures, Universal Pictures* и *New Line Cinema*. По другую сторону линии фронта оказались не менее могучие компании *Columbia TriStar, MGM, 20th Century Fox* и *Sony Pictures*, поддержавшие технологию *BD*.

Организация *Blue-Ray Disc Association (BDA)* объединяет ведущих производителей электроники: *Hitachi, HP, LG Electronics, Matsushita Electric (Panasonic), Pioneer, Philips Electronics, Samsung Electronics, Sharp, Sony* и *Thomson*. В свою очередь, формат *HD-DVD* одобрен организацией *DVD Forum*, куда входят, например, *ASUSTeK, Hyundai, Intel, NEC, Sanyo, Toshiba*.

Некоторые компании пытаются усидеть сразу на двух стульях, участвуя в обеих группировках, например *Hitachi, LG Electronics, Matsuhsita, Mitsubishi, Samsung, Thomson*. Вероятно, итогом этого противостояния станет одновременное присутствие на рынке двух форматов, аналогично нынешней ситуации в области записываемых *DVD*.

Видеоадаптеры

Закат AGP

Повсеместный переход на последовательные интерфейсы затронул и шину графического ускорителя. Не секрет, что шина *AGP* в последнем варианте реализации обеспечивала достаточную пропускную способность для современных графических ускорителей. Но разводка шины остается очень сложной, а возможности по питанию устройств — слабыми. Поэтому производители системных плат и видеоускорителей с энтузиазмом восприняли последовательную шину *PCI Express.* Технология *PCI Express* обеспечивает избыточную производительность (в расчете на потребности будущих видеоадаптеров), простую разводку на системной плате, пита - ние мощных компонентов. С появлением *PCI Express* можно утвержда' что проблема пропускной способности графической шины решена на ;. сколько лет вперед.

Мониторы

Победа LCD в массовом сегменте рынка

Сегодня с точки зрения массового потребителя преимущества жидкокристаллических (ЖК) мониторов перевешивают врожденные недостатки этой технологии. И в офисе и дома ЖК-дисплей среднего формата постепенно вытесняет традиционные мониторы на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ). Для «трубочных» мониторов остаются две ниши: очень дешевых устройств или, напротив, сравнительно дорогих аппаратов профессионального класса. Специфической, но стабильной нишей для дисплеев на ЭЛТ служат компьютеры заядлых любителей игр.

Сети

Долой провода!

Технологии построения беспроводных сетей развиваются беспрецедентными темпами. Локальные сети на основе *Wi-Fi (802.11)* стали обычным явлением в офисах. Открываются все новые точки доступа в местах массового обслуживания людей.

С появлением сетевых мультимедийных центров возникли такие задачи, как передача по беспроводной домашней сети мультимедийного потока, в том числе *DVD.* Поэтому Институт инженеров по электротехнике и электронике *(IEEE)* разработал стандарт *802.11n,* обеспечивающий реальную скорость передачи данных около 100 Мбит/с.

Задача подключения индивидуальных пользователей к широкополосному каналу доступа в Интернет решается с помощью устройств стандар-

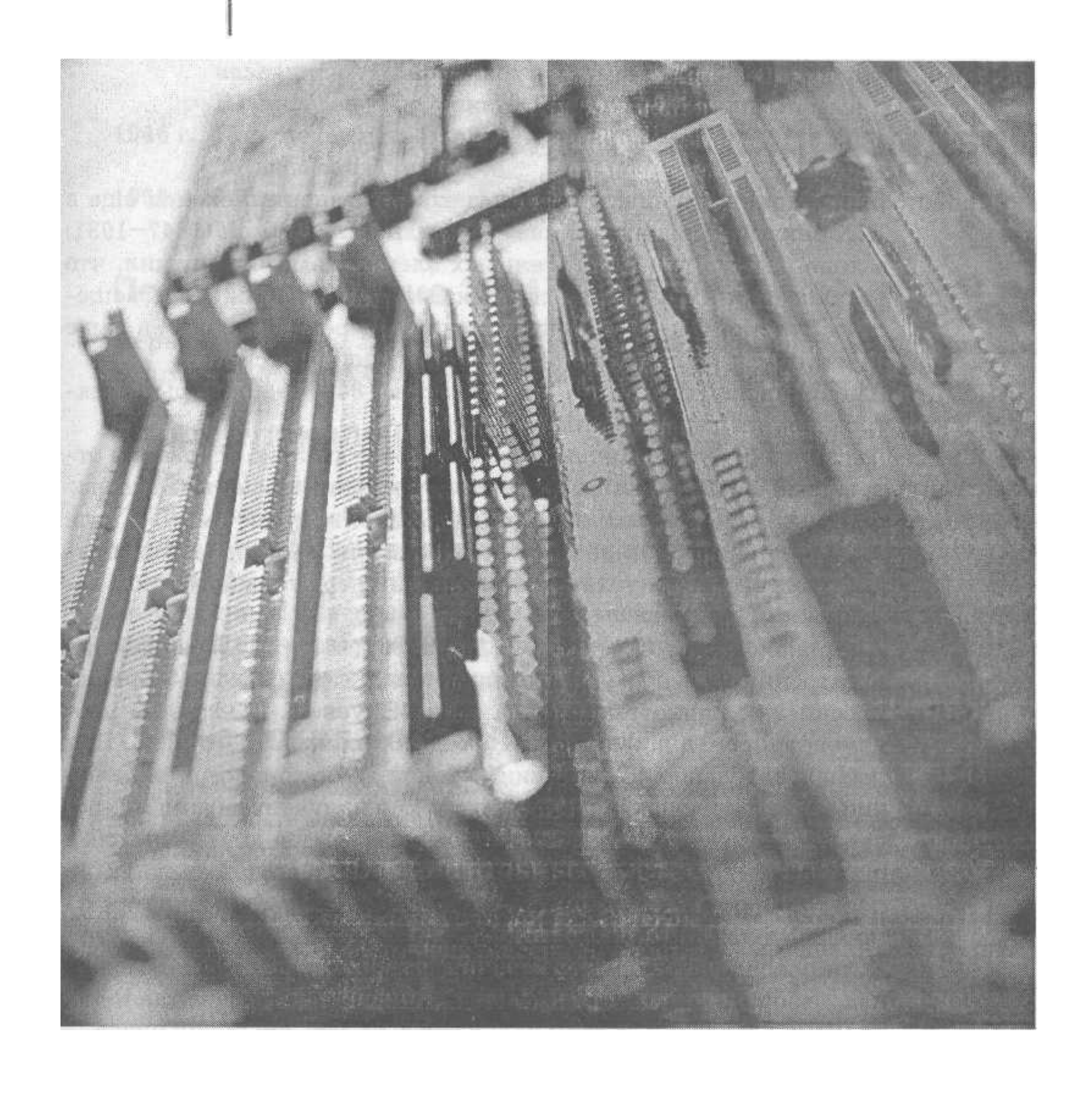
та *WiMax (802.16)*. Радиус покрытия точки доступа, достигающий 50 км, устраняет проблему «последней мили», особенно актуальную для России с ее неразвитой инфраструктурой сетей связи.

Устройства ввода

Да будет свет

Самой консервативной сферой компьютерных технологий остаются устройства ввода. Достойной альтернативы клавиатуре и мыши пока не найдено. Однако в конструкции мыши произошла локальная революция. Механические мыши, имеющие в качестве позиционирующего элемента шарик и механические сенсоры, исчезли с рынка. Их место заняли оптические мыши, не имеющие движущихся частей. Определение текущей позиции происходит за счет сравнения оптическим сенсором отраженных от поверхности световых импульсов, следующих с высокой частотой. Отпала необходимость периодической очистки мыши, срок службы устройств увеличился в десятки раз, не требуется иметь специальный мышиный коврик.

ПЛАТФОРМА



Краткая история компьютеров

Предыстория ЭВМ

1883 г. Основы технологии современных компьютеров заложены еще в **XIX** веке. Американский изобретатель Т. А. Эдисон (1847-1931) в ходе разработки осветительных электроламп обнаружил, что раскаленная нить лампы способна излучать заряженное вещество. Это явление получило название «эффект Эдисона», а ныне известно под названием «термоэлектронной эмиссии».

1897 г. Американский физик Дж. Дж. Томпсон (1846-1940) открыл электрон и описал его свойства.

1899 г. Английский физик Дж. А. Флеминг (1849-1945) на основании открытия Томпсона дал физическое объяснение эффекту Эдисона.

1904 г. Флеминг использовал эффект термоэлектронной эмиссии для создания первой в мире электронной лампы — диода. Диод обладал свойством пропускать электрический ток только в одном направлении.

1906 г. Американский изобретатель Л. Д. Форест (1873-1961) разработал электронную лампу с управляющим элементом (сеткой) — триод.

1918 г. Российский радиотехник М. А. Бонч-Бруевич (1888-1940) продемонстрировал возможность создания электронного реле. При последовательном соединении катодов двух триодов и включении их сеток и анодов «крест-накрест» в полученном комбинированном элементе один триод устойчиво закрыт, а другой способен пропускать ток до тех пор, пока не поступит внешний сигнал. При поступлении внешнего сигнала состояние триодов меняется на противоположное. Это реле получило название триггер.

Если последовательно соединить несколько триггеров, их можно использовать как для подсчета поступающих сигналов, так и для хранения сведений об этом количестве, то есть хранения чисел.

1920 г. В 1920-х годах в Германии, Великобритании, США и СССР разрабатываются электромеханические, а позже релейные вычислительные машины.

1939 г. В США болгарский эмигрант Джон Атанасофф (1903-1995) опубликовал концепцию вычислительной машины. Он сформулировал принципы ее архитектуры и построил опытный образец.

История ЭВМ

1945 г. В США под руководством Дж. У. Мочли (1907-1980) и Дж. П. Эккерта (1919-1995) построена первая ЭВМ, получившая название *ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)*. В основу ее конструкции были заложены ламповые триггеры.

1946 г. Под руководством академика С. А. Лебедева в СССР начались работы по созданию ЭВМ.

1950 г. В Советском Союзе создана первая ЭВМ, получившая название МЭСМ (малая электронная счетная машина).

Первое поколение ЭВМ

Первое поколение электронно-вычислительных машин было ламповым. Выпуск ламповых ЭВМ продолжался с 1945 г. до начала 1960-х годов.

Второе поколение ЭВМ

В 1947 г. группа американских физиков под руководством Уильяма Шокли (1910—1989) разработала полупроводниковый триод, получивший название транзистор. Выполняя те же функции, что и ламповый триод, транзистор имел малые размеры, высокую надежность, потреблял гораздо меньше энергии. Применение транзисторов в качестве элементной базы ЭВМ началось в середине 1950-х годов. Эти вычислительные машины сегодня относят ко второму поколению.

Третье поколение ЭВМ

К третьему поколению относят ЭВМ, собранные на базе интегральных микросхем. Первая интегральная микросхема разработана сотрудником американской компании *Texas Instruments* Джеком Килби в 1959 г. Килби удалось разработать технологию размещения на одном полупроводниковом кристалле транзисторов, конденсаторов, резисторов и межэлементных соединений. В 1964 г. компания *IBM* начала серийный выпуск ЭВМ третьего поколения.

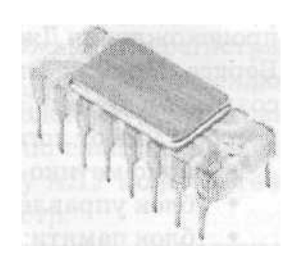
Четвертое поколение ЭВМ

К сегодняшнему дню на кристалле кремния удается разместить десятки и сотни миллионов транзисторов. Такие микросхемы объединяют в одном корпусе собственно процессор ЭВМ, а также быстродействующую память. Они стали основой персональных компьютеров и других вычислительных систем. ЭВМ, имеющие процессор на одном кристалле, принято относить к четвертому поколению.

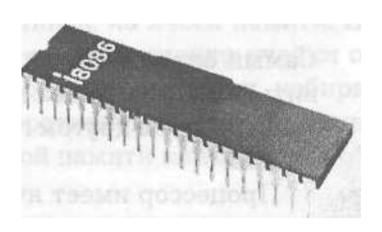
Процессоры

- Принципиальное устройство процессора
- Развитие процессоров Intel Pentium
- Архитектура процессоров Pentium 4
- Развитие процессоров AMD
- Архитектура AMD K7
- Архитектура AMD64
- Семейство процессоров VIA
- Семейство процессоров Transmeta
- Разъемы процессоров
- Производство процессоров

В конце 1970 г. компания *Intel* приступила к выпуску первого в мире микропроцессора модели 4004. Он был четырехразрядным, то есть за одну операцию (такт) обрабатывал одно 4-разрядное число. В 1972 г. *Intel* разработала 8-разрядный микропроцессор модели 8008, а в 1978 г. — первый 16-разрядный процессор 8086. Он стал базой для персональных компьютеров *IBM PC XT,* ставших стандартом де-факто для всей компьютерной индустрии. Затем появились процессоры 80286, 80386 (первый 32-разрядный процессор), 80486. С появлением в 1995 г. процессоров *Pentium* начался новый этап развития персональных компьютеров, когда они стали не только рабочим инструментом, но и домашним, бытовым устройством повседневного использования.



Процессор Intel модели 4004



Процессор Intel модели 8086

В 1995 г. персональный компьютер, оснащенный процессором *Pentium 100* и 16 Мбайт оперативной памяти, стал продаваться по цене ниже 3000$. Видимо, этот рубеж стал психологическим барьером, поскольку продажи росли с космической скоростью вплоть до насыщения рынка, когда в развитых странах 80-85% семей стали владельцами ПК. Поначалу главными покупателями выступали студенты и аспиранты, затем к ним подключились школьники и их родители. В последнее время в мире продается около 200 миллионов ПК в год, а средняя цена настольной персоналки не превышает 1000$.

С 1995 г. и по настоящее время различные фирмы выпустили свыше 120 моделей процессоров для персональных компьютеров. Некоторые из них стали знаковыми явлениями в компьютерной индустрии. Основными производителями процессоров для ПК в рассматриваемый период стали компании *Intel* и *AMD.* Корпорация *Intel* с 1995 г. и по настоящее время использовала семь моделей платформ с различными интерфейсами процессоров: от *Socket* 5 до *Socket 775.* Компания *AMD* использовала немного меньше — пять платформ (от *Socket* 7 до *Socket 939).* Таким образом, в среднем актуальность платформы сохранялась в течение полутора-двух лет.

Принципиальное устройство процессора

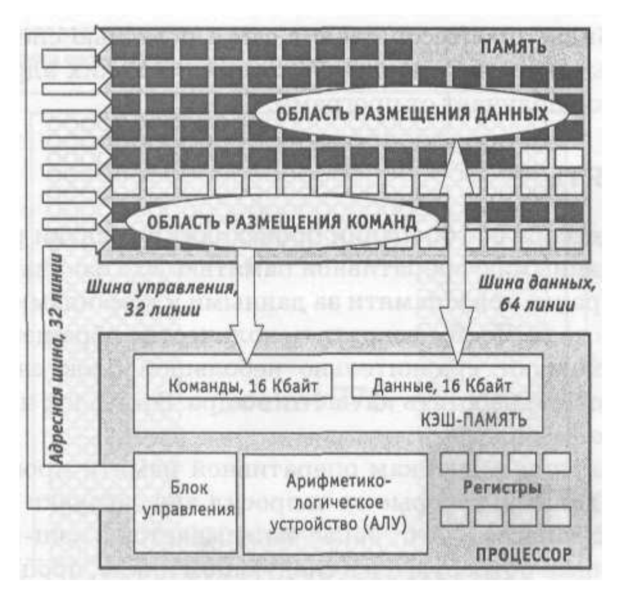
Архитектуру ЭВМ в целом и главного процессора (*Central Processor Unit— CPU)* впервые описал в 1946 г. американский ученый венгерского происхождения Джон (Янош) фон Нейман, опиравшийся на исследования Беркса, Моучли, Эккерта, Голдстайна и других ученых, работавших над созданием первой ЭВМ. С тех пор принято считать, что современные процессоры имеют логическую структуру «неймановского» типа:

- арифметико-логическое устройство (АЛУ);
- блок управления;
- блок памяти;
- устройства ввода-вывода.

Простейший компьютер

Самый элементарный компьютер, который только можно себе представить, имеет всего два компонента: процессор и оперативную память, связанные друг с другом группой проводников, которую называют системной шиной.

Процессор имеет ячейки памяти, называемые регистрами. В них данные могут храниться и меняться с огромной скоростью. Арифметико-логическое устройство является главным элементом процессора, непо-



Процессор и память образуют элементарный микрокомпьютер

средственно обрабатывающим данные. Данные поступают из регистров и возвращаются в них по мере обработки.

Как известно, все современные микропроцессоры являются синхронными. На спаде тактового импульса затворы регистров открываются, чтобы разрешить запись данных и команд из памяти. Затем надлежащие данные поступают по шине в АЛУ. Когда все выполнено, АЛУ приступает к работе. После вычислений результаты передаются шине данных регистров. По фронту следующего импульса они загружаются в регистры.

Таким образом, в каждом цикле есть сигнал, который переключает определенные триггеры. Например, в регистры можно загружать данные лишь по фронту импульса, а считывать только по спаду импульса (загрузка в это время блокируется). Именно поэтому АЛУ может в течение одного цикла и считать, и записать данные в регистр.

Как данные, так и команды для их обработки процессор получает из ячеек оперативной памяти по системной шине. В составе системной шины различают: шину данных, адресную шину, шину управления. По шине данных в регистры процессора копируются данные из ячеек памяти. По адресной шине процессор выбирает, начиная с какой именно ячейки он должен получить данные. 32-разрядный процессор способен избирательно подключиться к любой из 2^{32} ячеек оперативной памяти. По шине управления процессор получает из оперативной памяти команды для обработки данных.

Во время работы компьютера данные и программы хранятся в разных областях оперативной памяти. За тем, по каким адресам хранятся испол-

няемые команды, процессор следит сам с помощью специального регистра, отсчитывающего команды. Указания, из каких адресов брать данные, процессор получает от программ.

Кэш-память

Внутри процессора все операции происходят в десятки раз быстрее, чем при обмене данными с оперативной памятью. Это означает, что чем реже процессор обращается к памяти за данными и командами, тем быстрее он способен работать. Чтобы сократить количество обращений, в ядро процессора встраивают сравнительно небольшой блок сверхоперативной памяти, способной работать на частоте ядра. Этот блок памяти называют кэш-памятью.

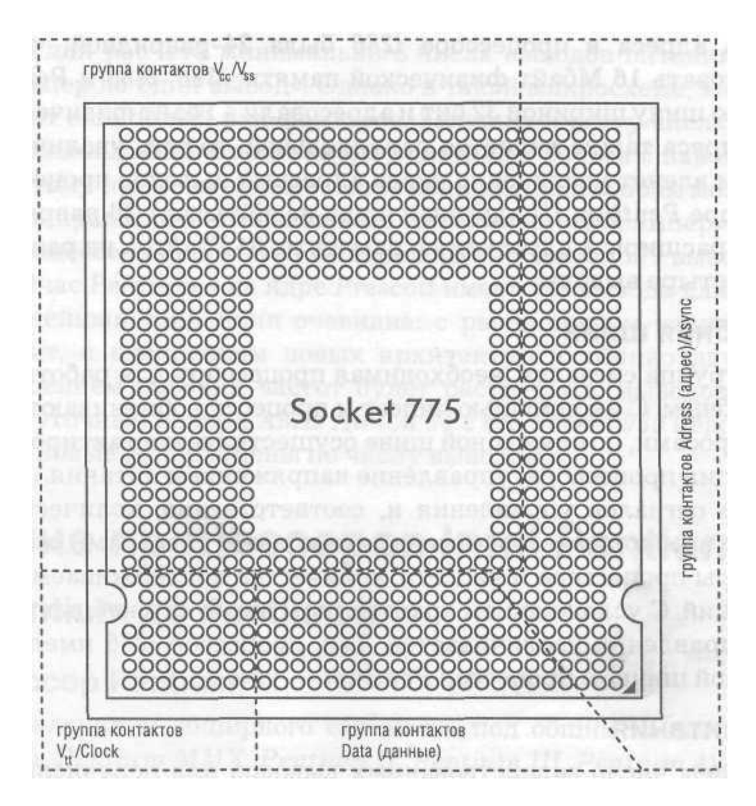
При обращении к ячейкам оперативной памяти процессор получает не только те данные, которые он запросил для загрузки в регистры, но и еще что-то «с запасом». Этот запас записывается в кэш-память. Если запасенные данные потребуются в следующем цикле, процессор заберет их из кэш-памяти. Если же потребуются иные данные, процессор обратится к оперативной памяти, и содержимое кэша обновится.

Основные недостатки кэш-памяти — высокая стоимость и большое число транзисторов, расходуемых на организацию ячеек. Поэтому кэш-память не делают слишком большой. Как правило, современные процессоры имеют два блока внутренней кэш-памяти. Первый блок (кэш-память первого уровня, L1*)* обычно разделен на кэш данных и кэш инструкций. Второй блок (кэш-память второго уровня, *L2)* служит только для хранения данных. В некоторых моделях процессоров (например, *Pentium 4 Extreme Edition)* используют кэш-память третьего уровня.

На организацию одной ячейки кэш-памяти обычно расходуется шесть транзисторов (архитектура 6Т). Поэтому при общем объеме кэша 512—1024 Кбайт его транзисторы составляют до 90% от общего числа транзисторов в ядре процессора. При высоких частотах работы процессора тепловая мощность, развиваемая быстро переключающимися транзисторами, нередко превышает 100 Вт. Таким образом, увеличение объема кэш-памяти на определенном этапе ограничивает рост производительности процессора, препятствуя наращиванию рабочей частоты.

Процессорный разъем

Зачем процессорному разъему сотни контактов? Почему рост производительности процессоров сопровождается увеличением количества их выводов, число которых приближается к тысяче *(Socket 939)?* Для ответа на эти вопросы разберемся с назначением магистралей системной шины, которая подключается к процессорному разъему.



Группы контактов процессорного разъема

Шина данных

Чем больше разрядность данных, тем выше производительность компьютера. Для передачи данных в современных процессорах используют отдельную магистраль — шину данных. Это параллельная шина, то есть каждый разряд данных передается по отдельной линии. Чем выше разрядность шины, тем больше линий. Шина данных в процессоре *i286* была 16-разрядной, в процессоре *i386* разрядность шины данных увеличена до 32. Начиная с процессора *Pentium* и до нынешнего *Pentium 4* используется 64-разрядная шина, хотя исполнительные устройства ядра остаются при этом 32-разрядными. В итоге число выводов современного процессора для подключения шины данных увеличилось вчетверо по сравнению с *i286*.

Шина адреса

Вторая группа сигналов, используемых процессором — адресная. Адреса описывают номера ячеек памяти, в которых хранятся данные. Чем выше разрядность адресной шины, тем большее число ячеек памяти можно использовать для хранения данных, тем больше адресуемая память вычислительной системы.

Шина адреса в процессоре *г286* была 24-разрядной, что позволяло адресовать 16 Мбайт физической памяти. *i386, i486* и *Pentium* имели адресную шину шириной 32 бит и адресовали 4 Гбайт физической памяти. Шина адреса также является параллельной, то есть увеличение ее разрядности влечет увеличение числа адресных выводов процессора. Так, в процессоре *Pentium III* адресная шина насчитывает 36 разрядов, что позволило расширить адресуемую память до 64 Гбайт, а на разъеме прибавилось четыре вывода.

Служебнаяшина

Третья группа сигналов, необходимая процессору для работы, относится к служебным. С их помощью чипсет и процессор обмениваются командами и запросами, по служебной шине осуществляется тактирование и синхронизация процессора, управление напряжением питания.

Число сигналов управления и, соответственно, количество выводов разъема, необходимое для обмена служебными сигналами, зависит от архитектуры процессора и чипсета, количества поддерживаемых команд и инструкций. С усложнением архитектуры число служебных линий и сигналов управления увеличивается. Так, процессор *i286* имел 18 выводов служебной шины, а процессор *Pentium* — уже 83.

Шина питания

Подсчитаем число задействованных выводов для перечисленных выше шин современного процессора, например *Pentium 4* с интерфейсом *Socket 775:* 36 для адресной шины, 64 для шины данных, 124 для служебной шины. Как же используются сотни остальных выводов процессора *Pentium 41*

Некоторое (относительно небольшое) число их зарезервировано для модернизации и будущих ревизий ядра. Например, в процессорах *Pentium 4 520* с интерфейсом *Socket 775* в резерве числится 28 выводов. Все оставшиеся выводы используются для подачи питания. Эти выводы на принципиальных схемах обычно называются V_{cc} (плюс питания), V_{ss} (земля) и V_{TT} (терминаторы). Так, в разъеме *Socket 775* выводов V_{cc} — 226 штук, выводов V_{TT} — 24, выводов V_{ss} — 273. Зачем так много линий питания?

Дело в том, что базовые элементы цифровой логики (транзисторы) потребляют ток. Первый восьмиразрядный процессор *Intel 8086* имел 29 000 транзисторов. Сейчас *Pentium 4* на ядре *Prescott* насчитывает примерно 125 миллионов транзисторов. И эти миллионы микропереключателей надо обеспечить током. Небольшим, в доли микроампера. Но каждый. В итоге получается, что суммарный ток потребления процессора составляет десятки ампер. Например, максимальный потребляемый кристаллом ток I_{CC} для *Pentium 4 Prescott* равен 119 А. Существует мнемоническое

правило для расчета минимального числа выводов питания микросхем: «один ампер на один вывод». Однако в такой микросхеме, как процессор, действует еще целый ряд факторов, ведущих к росту числа выводов питания: многослойная архитектура кристалла, борьба с наводками и прочие. Поэтому применительно к современным процессорам можно сформулировать правило: «четыре вывода питания на один ампер». По крайней мере, процессору *Pentium III* на ядре *Tualatin* хватало 77 выводов для тока 23 А, сейчас *Pentium 4* на ядре *Prescott* имеет 523 вывода для тока 119 А.

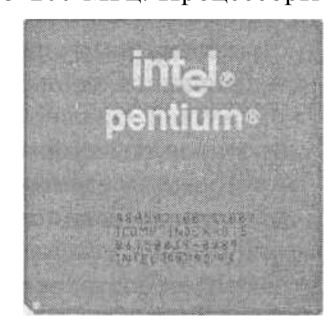
Дальнейшая тенденция очевидна: с расширением разрядности ядра до 64 бит, с внедрением новых архитектур (особенно двухъядерных) и повышением рабочих частот будет расти число выводов процессора. Промежуточный рекорд *AMD Athlon 64* с его *Socket 939* недолговечен, на подходе новые рекордсмены по числу выводов.

Развитие процессоров Intel Pentium

От Pentium до Pentium II

Процессор Pentium

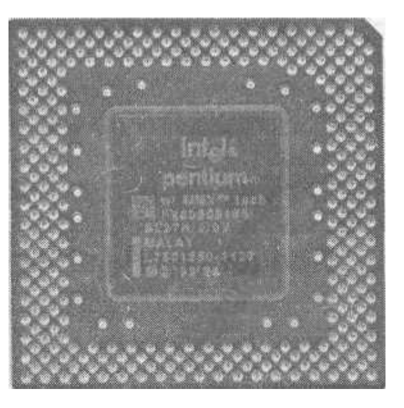
Родоначальником обширного семейства под общим названием *Pentium (Pentium, Pentium MMX, Pentium II, Pentium III, Pentium 4)* стал процессор с индексом *P5,* оснащенный интерфейсом *Socket 4,* чье производство началось в 1993 г. В том же году произошел переход на ядро *P54C* с интерфейсом *Socket 5,* позднее — *Socket 7.* Линейка процессоров собственно *Pentium* включала модели с рабочими частотами 75-200 МГц. Процессоры производились с использованием различных технологических норм. Модели с частотами 75-120 МГц выполнены по 0,5-микронной технологии, а процессоры с частотами 120-200 МГц — по 0,35-микронной. Ядро *P54C* содержит 3,3 миллиона транзисторов, 16 Кбайт кэш-памяти первого уровня. Кэш-память второго уровня объемом до 1024 Кбайт размещалась на системной плате. Процессоры семейства *Pentium* имеют следующие основные особенности:



- суперскалярная (два конвейера) архитектура;
- динамическое предсказание ветвлений;
- модуль конвейерной обработки операций с плавающей запятой; меньшее время исполнения инструкций;
- раздельная кэш-память для данных и для инструкций (по 8 Кбайт);
- протокол обратной записи в кэш данных;
- 64-битная шина данных;

- конвейер циклов на шине;
- контроль четности адресов;
- внутренняя проверка четности;
- контроль функциональной избыточности;
- контроль исполнения;
- мониторинг производительности;
- режим управления системой *(System Management Mode);*
- расширение виртуальных режимов;
- интеллектуальное управление потреблением энергии *(SL);*
- встроенный *API* (прикладной программный интерфейс).

Процессор Pentium MMX



Процессоры *Pentium* (ядро *P55C)* с технологией *MMX (Multi Media extension)* стали существенным шагом вперед в семействе *Pentium.* В основе технологии *MMX* лежит метод *SIMD (Single Instruction — Multiple Data),* который позволяет увеличить производительность широкого набора мультимедийных приложений. *Pentium MMX* поддерживал 57 новых инструкций и четыре новых 64-разрядных типа данных. Производство *Pentium MMX* по технормам 280 нм развернулось в 1997 г.

Кэш данных и кэш команд в *Pentium MMX* имеют объем по 16 Кбайт каждый. Разделение кэша увеличивает производительность, сокращая среднее время доступа к памяти и обеспечивая быстрый доступ к часто используемым инструкциям и данным. Кэш данных поддерживает два обращения одновременно, метод обратной записи *(Write—back)* или построчной сквозной записи *(Writethrough).* Динамическое предсказание ветвления использует буфер адреса перехода *Branch Target Buffer (BTB),* который предсказывает наиболее вероятный набор инструкций для исполнения. Для повышения производительности была добавлена дополнительная стадия конвейерной обработки. Запись в память происходит через область, состоящую из четырех буферов, которые используются совместно двумя конвейерами. Основные характеристики процессора:

- 4,5 миллиона транзисторов;
- кэш-память *L2* объемом до 1024 Кбайт на системной плате;
- 64-разрядная шина данных;
- контроль целостности данных;
- встроенный контроллер прерываний микропроцессора;
- контроль производительности и отслеживание исполнения;
- улучшение страничного обмена;

- управление мощностью с помощью *SL*-технологии;
- суперскалярная архитектура с возможностью параллельного исполнения двух целочисленных инструкций за один такт.

Конвейерный блок вычислений с плавающей запятой *(FPU)* поддерживает 32- и 64-битные форматы. Это дает возможность исполнения в одном такте двух инструкций с плавающей запятой. Многие инструкции, требовавшие микрокода в процессорах *x86,* теперь аппаратно встроены в процессор для обеспечения высокой производительности. Контрольные сигналы шины управляют согласованием кэш-памяти в мультипроцессорных системах.

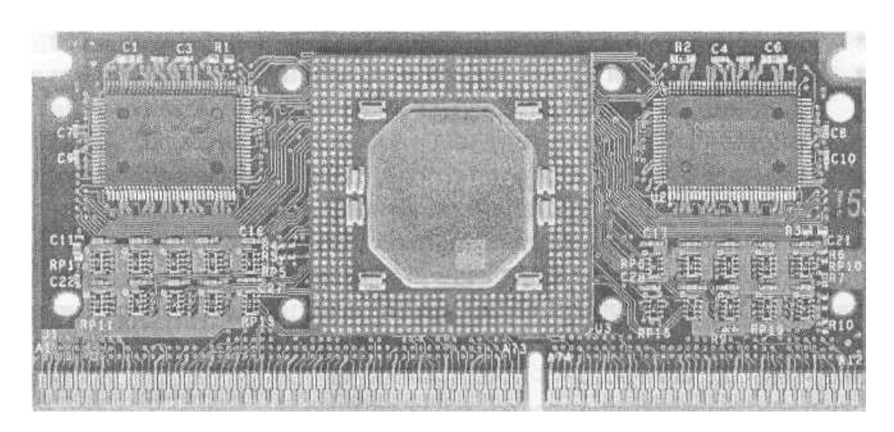
Встроенный контроллер прерываний микропроцессора обеспечивает симметричную многопроцессорную обработку с минимальными затратами. Впервые встроена аппаратная поддержка виртуальных прерываний. Проводится идентификация ядра процессора для получения информации о семействе, модели и характеристиках процессора с помощью команды *CPUID.* Определение ошибок внутренних устройств и интерфейса шины обеспечивает система защиты контроля четности и *Machine Check Exception (MCE).* Также обеспечивается аппаратная поддержка для проверки завершения цикла шины.

Процессор Pentium II

Процессор *Pentium II* на ядре *Klamath* начали выпускать в 1997 г. по технологическим нормам 350 нм. Ядро размещалось в новом конструктиве — картридже с односторонним контактом *(Single Edge Contact — SEC),* насчитывающим 242 контакта. Высокая интеграция данных и надежность обеспечивались шиной памяти и системной шиной с поддержкой *ECC,* механизмом анализа отказов, функцией восстановления и проверкой функциональной избыточности. Кэш-память второго уровня объемом 512 Кбайт располагалась на плате процессора и работала на половинной частоте.

В 1998 г. начался выпуск *Pentium II* на ядре *Deschutes* по технормам 250 нм. Семейство процессоров *Intel Pentium II* включало модели с тактовыми частотами 233-450 МГц. Существенное увеличение производительности процессоров *Pentium II* по сравнению с предыдущими процессорами архитектуры *Intel* основано на сочетании технологии *Pentium Pro* с поддержкой новых инструкций *MMX.* Укажем некоторые особенности архитектуры *Pentium II:*

- число транзисторов 7,5 миллионов;
- множественное предсказание ветвлений, предугадываются несколько направлений ветвлений программы;
- анализ потока данных. В результате анализа зависимости инструкций друг от друга процессор разрабатывает оптимизированный график их выполнения;



Процессор Pentium II на ядре Deschutes

- спекулятивное исполнение. Процессор исполняет инструкции в соответствии с оптимизированным графиком загрузки блоков АЛУ;
- полная поддержка технологии *MMX.*

Архитектура двойной независимой шины (системная шина и шина кэша) обеспечивает повышение пропускной способности и производительности, а также масштабируемость при использовании более одного процессора. Системная шина поддерживает множественные транзакции, что повышает пропускную способность. Производительность повышается и за счет использования выделенной 64-разрядной шины кэш-памяти. Процессор имеет раздельный кэш первого уровня (16 + 16 Кбайт).

Конвейерный блок вычислений с плавающей запятой *(FPU)* поддерживает 32- и 64-разрядные форматы данных, а также формат 80 бит. Контроль четности сигналов адресации запроса и ответа системной шины с возможностью повторения обеспечивает высокую надежность и интеграцию данных.

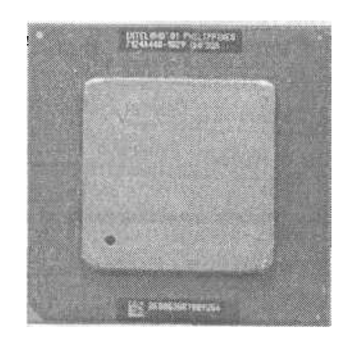
Технология *ECC (Error Correction Code)* позволяет корректировать однобитные и выявлять двухбитные ошибки системной шины. Встроенный *Self Test (BIST)* обеспечивает те же функции, что и в *Pentium MMX.* Встроенные счетчики производительности обеспечивают управление производительностью и подсчет событий.

В результате целенаправленной политики *Intel* по разделению секторов рынка персональных компьютеров в 1998 г. появились процессоры *Celeron,* основанные на архитектуре *Pentium II.* Первые модификации (с ядром *Covington)* не имели кэш-памяти второго уровня, поэтому отставали в производительности от *Pentium II,* но отличались прекрасной разгоняемостью. Процессоры *Celeron* с ядром *Mendocino* получили кэш-память второго уровня объемом 128 Кбайт. В 1999 г. на смену процессору *Pentium II (Deschutes)* пришел *Pentium III* на новом ядре *Katmai,* которое получило блок *SSE (Streaming SIMD Extensions),* расширенный набор ко-

манд *MMX* и усовершенствованный механизм потокового доступа к памяти. Процессор насчитывал 9,5 миллионов транзисторов и выпускался по технормам 250 нм с интерфейсом *Slot 1*. Кэш второго уровня, размещенный в ядре, имел объем 512 Кбайт.

Интерфейс Socket 370

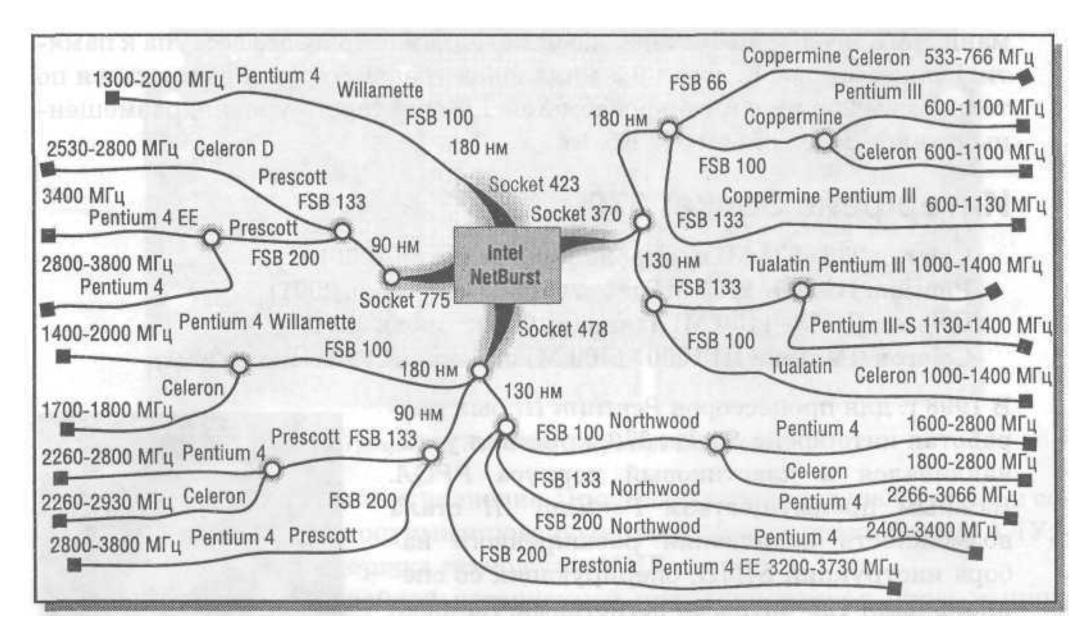
Celeron 233-533 МГц (апрель 1998 - январь 2000)
Pentium III 500-1133 МГц (октябрь 1999 - июль 2001)
Celeron II 533-1100 МГц (январь 2000 - июль 2001)
Celeron/Pentium III 1000-1400 МГц (январь 2000 - июль 2001)



В 1998 г. для процессоров *Pentium III* был разработан интерфейс *Socket 370*, кристалл устанавливался в пластиковый корпуса *PPGA*. Важным преимуществом *Pentium III* стала возможность исполнения расширенного набора инструкций *SIMD*, оперирующих со специальными 128-битными регистрами. Каждый из них хранит четыре действительных числа одинарной точности. Таким образом, выполняя операцию над двумя регистрами, *SSE* фактически оперирует четырьмя парами чисел. То есть, благодаря этому процессор может выполнять до четырех операций одновременно. Однако разработчик программы должен использовать специальные команды, а также позаботиться о помещении и извлечении данных из четырех местных регистров, поэтому для использования всех вычислительных мощностей *Pentium III* необходима целенаправленная оптимизация кода. Таким образом, в *Pentium III* появился блок, подобный *MMX*, но оперирующий действительными числами. Это решение способствовало улучшению производительности процессора в следующих областях:

- трехмерная графика и моделирование, расчет освещенности с использованием вычислений с плавающей точкой;
- обработка сигналов и моделирование процессов с широким диапазоном изменения параметров;
- генерация трехмерных изображений в программах реального времени, не использующих целочисленный код;
- алгоритмы кодирования и декодирования видеосигнала, обрабатывающие данные блоками;
- численные алгоритмы фильтрации, работающие с потоками данных.

С 2000 г. начался выпуск процессоров в корпусах *FC-PGA*. Последней модификацией *Pentium III* и *Celeron* стали процессоры на ядре *Tualatin*, изготавливаемом по технормам 130 нм. Модель *Pentium III-S Tualatin*

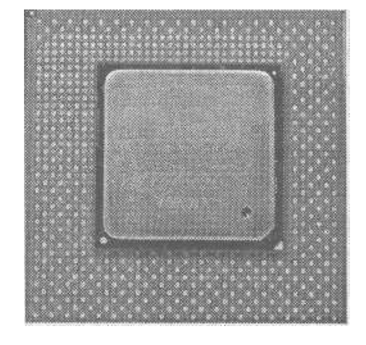


Генеалогия процессоров архитектуры Intel NetBurst

имеет рабочую частоту до 1400 МГц, кэш-память второго уровня объемом 512 Кбайт. Ядро получило блок *Data Prefetch,* который стал одним из ключевых элементов будущей архитектуры *Pentium 4.* К сожалению, *Pentium III-S* потребовал новой модификации интерфейса *Socket 370,* что исключило возможность апгрейда действующих систем.

Интерфейс Socket 423

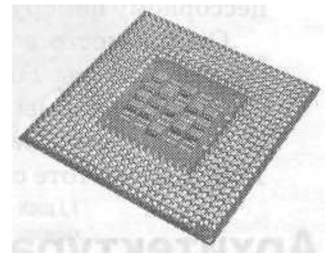
Pentium 4 1300-2000 МГц (ноябрь 2000 - август 2001)



Процессор *Pentium 4* на ядре *Willamette* имел новую архитектуру, основанную на технологии *NetBurst,* ставшую логическим развитием архитектуры *Pentium III-S* на ядре *Tualatin.* Важным достоинством архитектуры *Pentium 4* стал механизм термоконтроля, автоматически снижавший рабочую частоту, если температура ядра превышала заданный порог. В ядро *Willamette* впервые внедрена поддержка расширенного набора мультимедийных инструкций *SSE2.* Вместе с тем, интерфейс *Socket 423* оказался не очень технологичным, и компания *Intel* была вынуждена отказаться от его использования.

Интерфейс Socket 478

Pentium 4 1300-2800 МГц (июль 2001 - март 2004)
Celeron 1700-2930 МГц (июль 2001 - октябрь 2004)
Pentium 4 EE 3200-3400 МГц (сентябрь 2003 - март 2004)



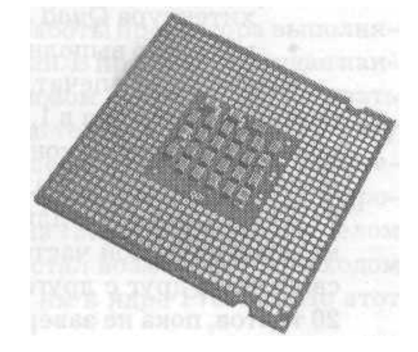
Интерфейс *Socket 478* был внедрен одновременно с переходом процессоров *Pentium 4* на ядро *Northwood,* оснащенное кэш-памятью второго уровня объемом 512 Кбайт. Платформа комплектовалась чипсетами, поддерживающими один из трех видов оперативной памяти: *Rambus DRAM (RDRAM), SDRAM, DDR SDRAM.* С упорством, достойным лучшего применения, *Intel* поддерживала дорогую память *RDRAM* в ущерб более дешевой *DDR SDRAM,* что вызвало недовольство как производителей системных плат, так и пользователей. И только под давлением партнеров и потребителей был выпущен чипсет *845D,* поддерживающий *DDR SDRAM.*

Длинный конвейер *Pentium 4* позволил постоянно наращивать рабочие частоты процессора и частоту системной шины. Частота процессора с ядром *Northwood* выросла до 3400 МГц, а частота системной шины — до 800 МГц. Модификация *Celeron* отличается от *Pentium 4* урезанным вдвое объемом кэша *L2* и ограниченной 400 МГц частотой системной шины.

Интерфейс Socket 775

Pentium 4 2666-3800 МГц (с июня 2004)
Celeron D 2533-3200 МГц (с июня 2004)
Pentium 4 EE 3460-3730 МГц (с июня 2004)

Следующим крупным шагом компании *Intel* по совершенствованию технологии стал перевод всех процессоров для настольных систем на интерфейс *Socket 775 LGA (Land Grid Array).* Несколько ранее была внедрена усовершенствованная архитектура ядра *Prescott* (технормы 90 нм). Ядро отличается удлиненным исполнительным конвейером, увеличенным до 1024 Кбайт объемом кэша *L2,* поддержкой набора инструкций *SSE3.* При этом тепловая мощность процессора *Pentium 4* на ядре *Prescott* с частотой 3,8 ГГц достигла 125 Вт.



Процессоры семейства *Celeron D* обязаны своим появлением внедрению техnorm 90 нм. Соответственно политике компании *Intel,* бюджетная модификация получила

вдвое урезанный кэш (то есть 256 Кбайт) и ограниченную до 533 МГц частоту системной шины.

Переход на новый интерфейс ознаменовался знаменательным событием: компания *Intel* отказалась от маркировки процессоров по рабочей частоте и по примеру компании *AMD* ввела маркировку по рейтингу (процессорному номеру).

Особое место в семействе *Pentium 4* занимают процессоры с маркировкой *Extreme Edition {EE).* Они построены на совершенно ином ядре *Gallatin* (технормы 130 нм). Основное отличие *Pentium 4 EE* заключается в наличии кэш-памяти третьего уровня объемом 2 Мбайт и увеличенной до 1066 МГц частоте системной шины.

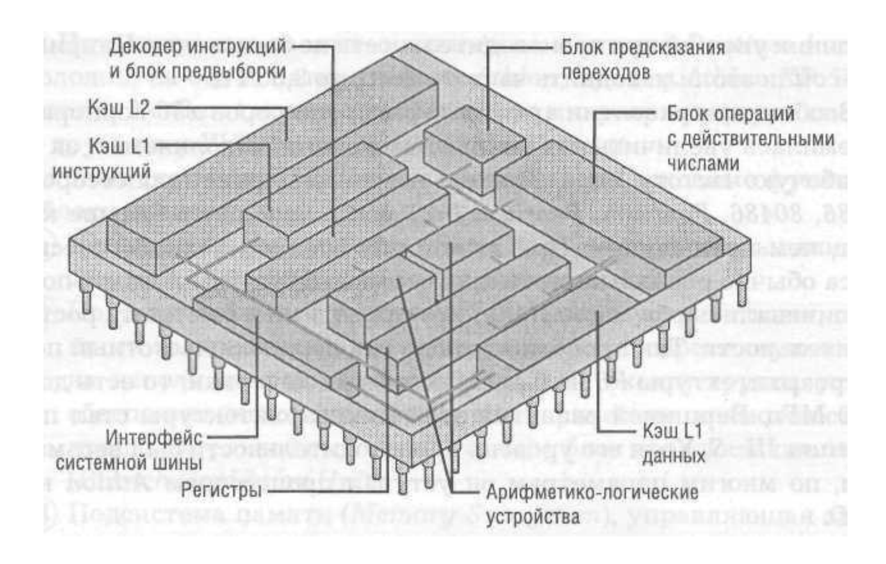
Архитектура процессоров Pentium 4

В ноябре 2000 г. компания *Intel* приступила к производству 32-разрядного процессора *Pentium 4* на ядре *Willamette,* работающего на частоте 1,5 ГГц. Знаменательность этого события в том, что с момента выхода *Pentium Pro* в области архитектуры процессоров *Intel* не происходило ничего более значительного. С выходом *Pentium 4* на свет появился процессор седьмого поколения *(Pentium Pro, Pentium II/III* относятся к шестому поколению — *P6).*

Необходимо перечислить новшества архитектуры *Willamette,* позволяющие отнести процессор *Pentium 4* к новому поколению:

- асимметричное ядро с блоками, работающими на различных скоростях;
- значительно улучшенная версия суперскалярного механизма исполнения инструкций;
- новый кэш второго уровня, отслеживающий порядок выполнения инструкций;
- переработанные блоки операций с мультимедийными данными и числами с плавающей запятой;
- огромный набор новых инструкций;
- новая системная шина, передающая по 4 пакета данных за такт (архитектура *Quad Pumped);*
- конвейер выполнения инструкций из 20 стадий.

Наибольшее впечатление на экспертов произвела стартовая рабочая частота процессора в 1,5 ГГц. Такого результата удалось добиться за счет новой архитектуры конвейера выполнения инструкций. *Pentium III* имеет конвейер длиной 12 стадий (17 стадий *FPU), Athlon* — 10 стадий (15 стадий *FPU). Pentium 4* при длине конвейера 20 стадий позволяет достичь максимальной тактовой частоты, но и получает самые большие задержки для связанных друг с другом операций (второй операции придется ожидать 20 тактов, пока не завершится первая операция).



Модель архитектуры процессора Pentium 4

От Willamette до Prescott

Не секрет, что производительность любого процессора можно определить как произведение рабочей частоты ядра на число операций за такт. Очевидно, что чем больше каждый из множителей, тем больше произведение. Чисто теоретически наращивать производительность можно как за счет роста частоты, так и количества исполняемых за такт команд. Однако на практике эти два параметра связаны сложной обратно пропорциональной зависимостью.

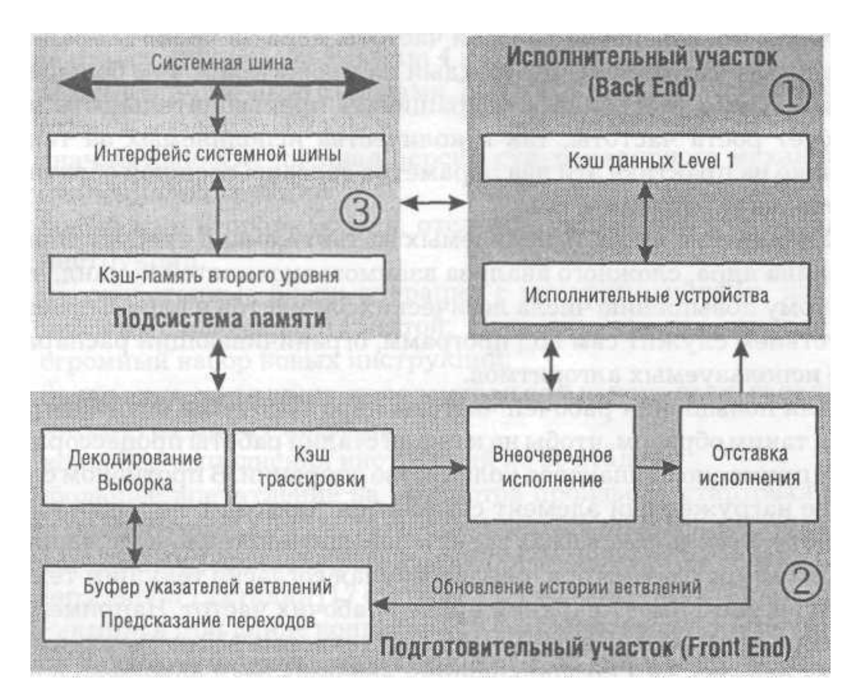
Увеличение числа исполняемых за такт команд требует специального дизайна ядра, сложного анализа взаимозависимостей команд, что ведет к резкому повышению числа логических элементов в ядре. Серьезным препятствием служит сам код программ, ограничивающий распараллеливание используемых алгоритмов.

Для повышения рабочей частоты ядра требуется оптимизировать дизайн таким образом, чтобы на каждой стадии работы процессора выполнялось примерно одинаковое количество операций. В противном случае наиболее нагруженный элемент становится тормозом, не давая наращивать частоту. Рост частот всегда ведет к повышению тепловыделения. Поэтому архитектура процессора, реализованная согласно текущим технологическим нормам, имеет верхний предел рабочих частот. Например, для процессора *Pentium 4* на ядре *Northwood* (технорма 130 нм) верхним пределом стала частота 3,4 ГГц. Дальнейший «разгон» стал возможен с переходом на более жесткие технологические нормы 90 нм в ядре *Prescott.* Но этот

источник увеличения производительности не бесконечен. Например, ядро *Prescott* позволило поднять частоту всего до 3,8 ГГц.

Вообще при развитии архитектуры процессоров *x86* корпорация *Intel* стремилась увеличить как количество команд, исполняемых за такт, так и рабочую частоту ядра. Каждое новое поколение процессоров *(80286, 80386, 80486, Pentium, Pentium Pro)* могло исполнять больше команд за такт, чем предыдущее. При этом с улучшением технологического процесса обычно росла и частота процессоров. Другими словами, постепенно увеличивались оба множителя, что приводило к быстрому росту производительности. Так продолжалось до тех пор, пока частотный потенциал микроархитектуры *P6* не был практически исчерпан, то есть до частоты 1400 МГц. Вершиной развития этой микроархитектуры стал процессор *Pentium III-S.* Хотя его уровень производительности был весьма достойным, по многим параметрам он уступал процессорам *Athlon* компании *AMD.*

На смену *P6* пришла архитектура *NetBurst* процессора *Pentium 4,* ознаменовавшая изменение приоритетов в разработке ядра. Усилия были сосредоточены на том, чтобы при одинаковом с *P6* технологическом процессе получить более высокие рабочие частоты. С маркетинговой точки зрения это был правильный выбор. Пользователи, убежденные в том, что «больше» означает «лучше», проголосовали кошельком за новые приори-



Блок-схема ядра Willamette

теты. Началась гонка за мега- и гигагерцы, в которой *Pentium 4* однозначно положил на обе лопатки сначала *Athlon,* а затем *Athlon XP.* Развитие идеологии *NetBurst* можно проследить по микроархитектуре сменявших друг друга ядер *Willamette, Northwood* и *Prescott.*

На блок-схеме ядра *Willamette* представлены основные функциональные блоки процессора.

(1) Исполнительный участок (*Back End)* с исполнительными устройствами и обслуживающими их элементами.

(2) Подготовительный участок *(Front End)* с устройствами, отвечающими за декодирование инструкций и своевременную их подачу на исполнительный участок. Сюда же входит группа устройств, обеспечивающих некоторые специфические возможности: блок предварительной выборки *(Prefetch),* блок предсказания переходов *(Branch Prediction Unit).*

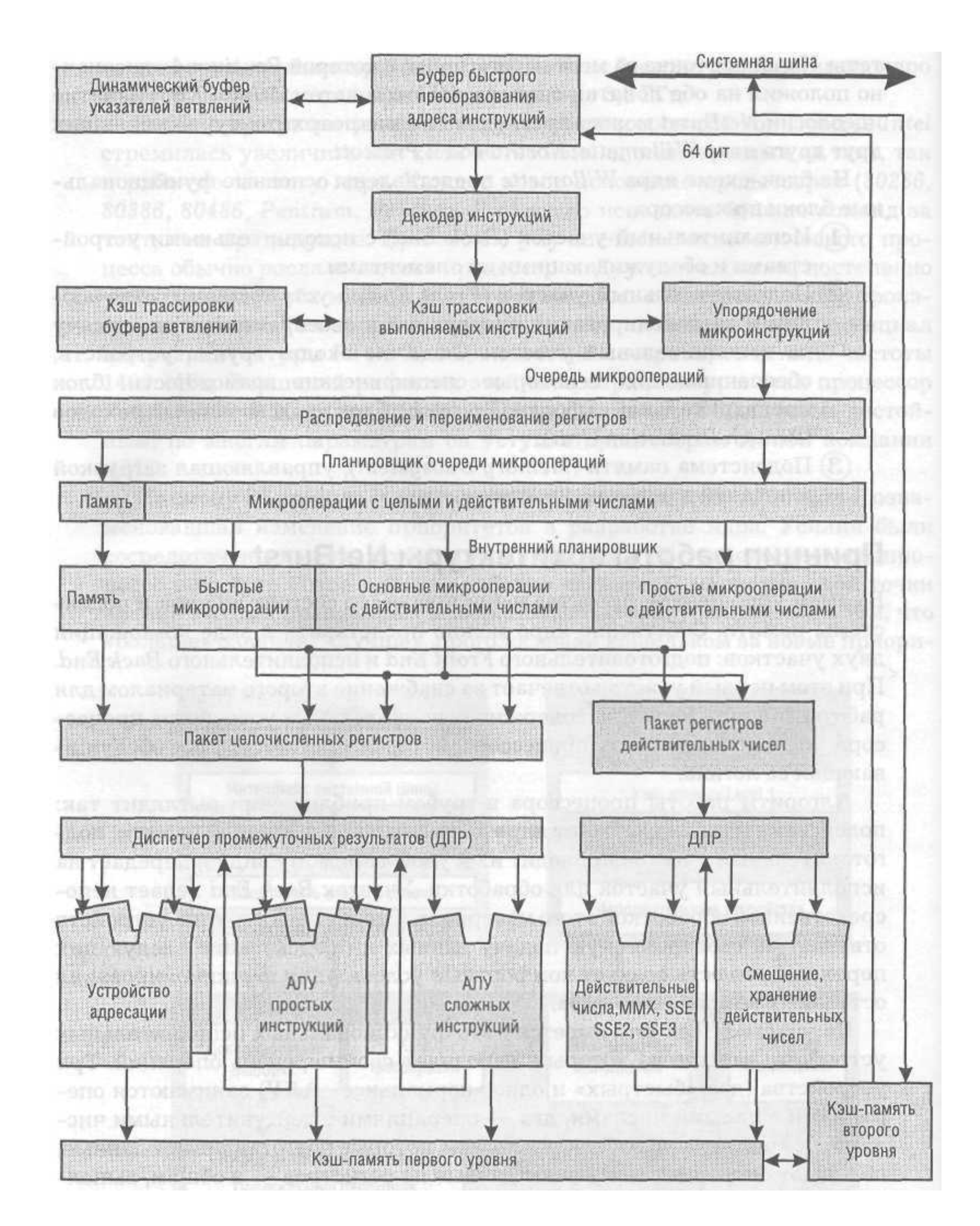
(3) Подсистема памяти *(Memory Subsystem),* управляющая загрузкой и подачей данных на участки .

Принцип работы архитектуры NetBurst

В самом упрощенном представлении процессор состоит из ядра и подсистемы памяти. Собственно ядро можно представить в виде комбинации двух участков: подготовительного *Front End* и исполнительного *Back End.* При этом первый участок отвечает за снабжение второго материалом для работы. Модуль *Back End* содержит исполнительные устройства процессора. Это именно та часть процессора, которая «считает», плюс обслуживающая ее логика.

Алгоритм работы процессора в грубом приближении выглядит так: подсистема памяти снабжает ядро данными из оперативной памяти, подготовительный участок приводит их к удобоваримому виду и передает на исполнительный участок для обработки. Участок *Back End* ведает непосредственной обработкой этого материала. Специальная группа устройств отвечает за своевременную подачу данных и предсказание следующих переходов, то есть создает комфортные условия для функционирования остальных компонентов ядра.

На участке *Back End* имеется пять функциональных исполнительных устройств, каждое из которых выполняет свой перечень операций. Три устройства (два «быстрых» и одно «нормальное» АЛУ) занимаются операциями с целыми числами, два — операциями с действительными числами. Все они связаны с блоками логики, которые подготавливают данные, передают операнды, считывают данные из регистров — в общем, выполняют ту работу, без которой нельзя произвести вычисления. Несколько обособленны два устройства вычисления и загрузки адресов.



Микроархитектура ядра Prescott процессора Pentium 4

Рассмотрим алгоритм выполнения простейшей операции: увеличения значения регистра на пять. Для этого необходимо выполнить ряд действий:

1. Взять содержимое регистра «X».
2. Взять число 5.
3. Отправить два числа и код операции «сложение» на исполнительное устройство.
4. Выполнить сложение.
5. Записать результат в регистр «X».

Из пяти перечисленных действий исполнительные устройства заняты только в одном (четвертым по порядку). Все подготовительные работы выполняет обслуживающая логика. Исполнительные же блоки принимают числа и код операции, производят саму операцию и выдают числовой результат. Их задача важна, но без обслуживающей логики они бессильны.

Рассмотрим более сложную операцию: надо сложить содержимое регистров «X» и «Y», а также увеличить содержимое регистра «Z» на пять. Безусловно, можно выполнить операции по очереди, что займет довольно много времени. Но если поставить параллельно первому второе исполнительное устройство, то работу можно сделать вдвое быстрее.

Такая архитектура называется суперскалярной, что означает возможность исполнять более чем одну операцию за такт. Предположим, что второе задание предусматривает увеличение на единицу регистра «Y». Тогда процессор вынужден ждать, пока завершится первая операция, несмотря на то, что второе исполнительное устройство совершенно свободно. Таким образом, логика, обслуживающая исполнительные устройства, должна определять, есть ли взаимозависимости в заданиях или же их можно выполнять параллельно. Данная задача также возложена на участок *Back End*.

Для повышения производительности выгоднее как можно больше операций исполнять параллельно. Если подходящих операций не найдено в данном участке кода, можно пропустить несколько микроопераций с еще не готовыми операндами и далее выполнять только такие инструкции, изменение порядка которых не приведет к изменению результата. Такая технология называется *Out-of-Order Execute* (внеочередное исполнение).

Представим, что код программы содержит некоторое количество заданий. Причем выполняться они должны в определенной последовательности, потому что часть из них зависит от результатов предыдущих операций. А часть — не зависит. Некоторые задания ожидают поступления данных из памяти. Есть два варианта решения проблемы: либо ждать, пока все задания не будут выполнены поочередно, согласно последовательному коду программы, либо попытаться выполнить ту часть работы, для которой есть все необходимое. Разумеется, все задания выполнить

«вне очереди» не удастся, но выполнение хотя бы части из них сэкономит некоторое количество времени.

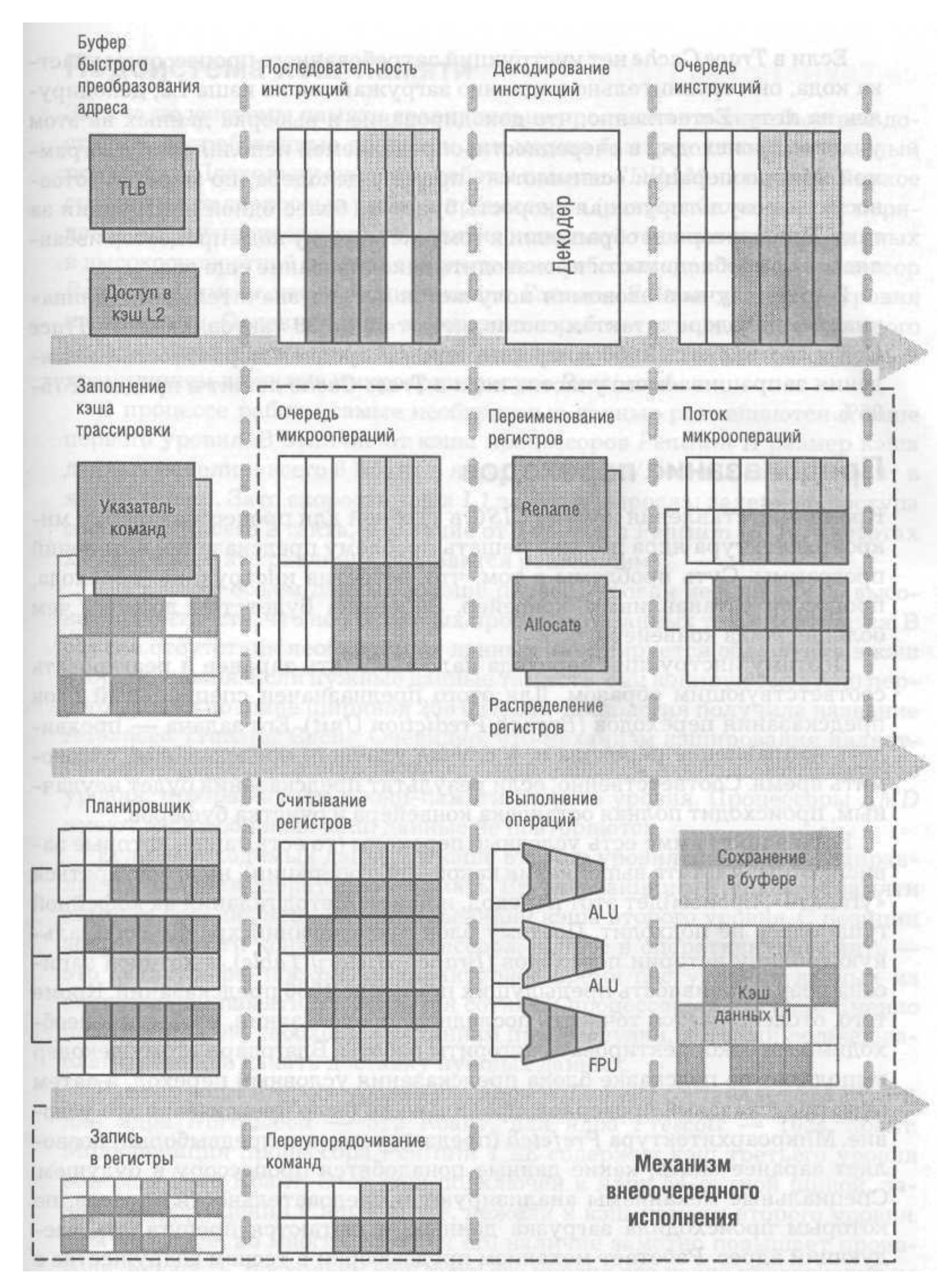
Для решения такой задачи принципиально необходимы некоторые устройства. В первую очередь нужен буфер, в котором накапливаются задания. Из буфера устройство под названием планировщик *(Sheduler)* выбирает те задания, которые уже снабжены операндами и могут быть выполнены немедленно. Предварительно планировщик сортирует задания на те, которые можно исполнять вне очереди, и те, которые требуют предыдущих результатов.

Полученные промежуточные данные необходимо куда-то записывать. Для этого предназначены служебные регистры. В частности, процессор *Pentium 4* имеет 128 служебных регистров. Поскольку любая программа для платформы *x86* не подозревает о существовании более чем 8 регистров общего назначения (РОН), надо, чтобы служебные регистры могли «притворяться» РОН. Этим занимается блок переименования регистров. Он берет первый попавшийся свободный служебный регистр и представляет его программе как «дозволенный» регистр общего назначения. Так результаты внеочередных операций записываются в «черновик» — служебные регистры. После выполнения очередных операций поступают «внеочередные» результаты из «черновика» и размещаются в РОН согласно порядку, указанному в программе.

Раскладка операций на составляющие позволяет упростить каждую стадию конвейера, уменьшить число логических элементов и тем самым повысить рабочую частоту ядра. Но инструкции *CISC* платформы *x86* имеют нерегулярную структуру: разную длину, разное количество операндов и даже разный синтаксис. Две инструкции одинаковой длины могут содержать команды, отличающиеся по трудоемкости на порядок. В конвейер же надо подавать простые микрооперации, имеющие регулярную структуру: одинаковую длину, стандартное расположение операндов и служебных меток, примерно равную сложность исполнения. Упрощением и выравниваем инструкций занимается декодер, преобразующий инструкции *CISC* в микрооперации *RISC*.

Технология Trace Cache

Если команду *x86* нельзя представить в виде одной простой инструкции, декодер создает некую последовательность простых инструкций (микроопераций) *RISC*. В процессоре *Pentium 4* вместо традиционного кэша команд, в котором хранится код *x86,* имеется кэш трассировки *(Trace Cache)*. Он расположен после декодера, но перед остальными блоками процессора. В нем хранятся не инструкции *CISC,* а результаты их декодирования — микрооперации. При такой архитектуре декодер работает независимо от остальных блоков, наполняя *Trace Cache* микрооперациями.



Конвейер операций процессора Pentium 4

Если в *Trace Cache* нет инструкций затребованного процессором участка кода, они сравнительно медленно загружаются из кэша *L2,* декодируясь на лету. Естественно, что декодирование и выборка данных на этом участке происходят в очередности, определяемой исполняемой программой. Микрооперации «снимаются» прямо с декодера, по мере их готовности, и результирующая скорость будет не более одной инструкции за такт. При повторном обращении к тому же участку кода процессор избавляется от необходимости производить декодирование еще раз.

В ряде случаев экономия получается весьма значительной: «длина» участка декодера в тактах составляет от 10 до 30 тактов. Емкость *Trace Cache* составляет 12 000 микроопераций. В среднем вероятность нахождения запрашиваемого участка кода в *Trace Cache* лежит в пределах 75-95%.

Предсказание переходов

Кроме представления команд *CISC* в удобной для процессора форме микроархитектура ядра должна решать проблему предсказания ветвлений программы. Суть проблемы в том, что, встретив инструкцию перехода, процессор останавливает конвейер. Задержка будет тем дольше, чем больше длина конвейера.

Поэтому инструкции перехода надо выявлять заранее и реагировать соответствующим образом. Для этого предназначен специальный блок предсказания переходов (*Branch Prediction Unit).* Его задача — предвидеть направление перехода и, в случае удачного предсказания, сэкономить время. Соответственно, если результат предсказания будет неудачным, происходит полная остановка конвейера и очистка буферов.

Если в программе есть условные переходы (то есть такие, которые зависят от результата выполнения какой-либо операции), надо постараться «угадать», произойдет этот переход, или нет. Метод гадания на кофейной гуще здесь не подходит. Поэтому блок предсказаний хранит специальную таблицу истории переходов *(Branch History Table),* в которой записана результативность предыдущих примерно 4000 предсказаний. Кроме того, отслеживается точность последнего предсказания, чтобы при необходимости откорректировать алгоритм работы. Благодаря этому декодер выполняет по подсказке блока предсказания условный переход, а затем блок предсказаний проверяет, правильно ли было предсказано это условие. Микроархитектура *Prefetch* (предзагрузки или предвыборки) позволяет заранее знать, какие данные понадобятся процессору в будущем. Специальные механизмы анализируют последовательности адресов, по которым происходила загрузка данных, и пытаются предугадать следующий адрес. Работает механизм предвыборки в тесном содружестве с *Branch Prediction Unit* и с подсистемой памяти.

Подсистема кэш-памяти

Задача подсистемы памяти сравнительно проста: как можно быстрее доставить затребованные данные и как можно быстрее снять полученный результат. Поскольку скорость работы памяти *SDRAM* не идет ни в какое сравнение со скоростью работы процессоров (разрыв более чем на порядок в пользу процессоров), то активно используется кэширование данных в высокоскоростной памяти сравнительно небольшого объема. Процессор *Pentium 4* имеет два, а модификация *Extreme Edition* даже три уровня кэш-памяти. Основная роль в ускорении работы отведена кэшу второго уровня. Фактически, именно кэш второго уровня становится основным хранилищем данных в микроархитектуре *Pentium 4.*

В процессе работы самые необходимые данные размещаются в кэше первого уровня. В отличие от кэша процессоров *Pentium II* размер кэша данных невелик: всего 8 Кбайт в ядре *Willamette/Northwood* и 16 Кбайт в ядре *Prescott.* Зато скорость кэша *Ы* заметно выросла: задержка доступа составляет всего 2 такта, в отличие от 3 тактов в *Pentium III.* На частотах 2 ГГц и выше это различие становится решающим.

Поскольку объем данных в кэше первого уровня невелик, есть высокая вероятность, что необходимых процессору данных там не окажется. В случае отсутствия необходимых данных инициируется обращение в кэш второго уровня. Если нужные данные там есть, они копируются в кэш первого уровня по шине шириной 256 бит. Эта технология получила название *Advanced Transfer Cache.* Очевидно, что механизм кэширования является инклюзивным. То есть данные, содержащиеся в кэш-памяти первого уровня, отображаются в кэш-памяти второго уровня. Процессоры *AMD* имеют эксклюзивный кэш: данные не повторяются.

Если необходимых данных в кэше второго уровня не найдено, направляется запрос в оперативную память. Время реакции оперативной памяти намного больше, нежели время реакции кэша второго уровня. С позиции эффективности конвейера процессора, запрос в оперативную память — это катастрофа, поскольку характерное время поступления данных из оперативной памяти исчисляется сотнями процессорных тактов. Именно поэтому крайне необходим механизм предзагрузки, который должен заблаговременно начать доставку нужных данных.

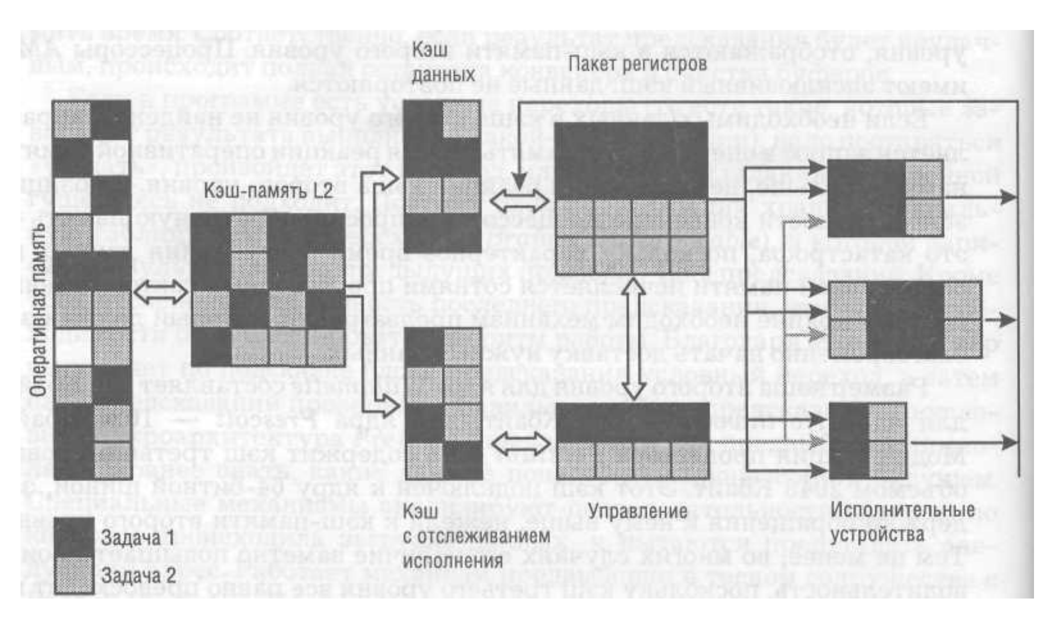
Размер кэша второго уровня для ядра *Willamette* составляет 256 Кбайт, для ядра *Northwood* — 512 Кбайт, для ядра *Prescott* — 1024 Кбайт. Модификация процессора *Pentium 4 EE* содержит кэш третьего уровня объемом 2048 Кбайт. Этот кэш подключен к ядру 64-битной шиной, задержки обращения к нему выше, нежели к кэш-памяти второго уровня. Тем не менее, во многих случаях его наличие заметно повышает производительность, поскольку кэш третьего уровня все равно превосходит по скорости оперативную память.

Технология Hyper-Threading

В модификации *Pentium 4* на ядре *Nortwood B* впервые реализована технология виртуальной двухпроцессорности *Hyper-Threading.* Строго говоря, все необходимые аппаратные блоки присутствовали еще в процессоре *Pentium 4* с ядром *Willamette,* однако они были отключены (видимо, по маркетинговым соображениям). И только с появлением *Pentium 4* с частотой 3,06 ГГц мультипроцессорные технологии стали доступны обычному пользователю. Не секрет, что стоимость двухпроцессорных машин, позиционируемых как рабочие станции или серверы, ограничивала их применение в домашних условиях. Теперь пользователь получает два логических (виртуальных) процессора на одном физическом ядре и может использовать их на обычной системной плате.

Следует подчеркнуть, что основная часть ресурсов ядра (в частности процессорный конвейер и кэш-память) используются логическими процессорами совместно, поэтому о революционном повышении производительности речи не идет. Однако немалая часть ресурсов ядра простаивает во время работы других элементов, а технология *Hyper-Threading* позволяет загрузить временно простаивающие блоки другими задачами. Учитывая, что многозадачность является одним из краеугольных камней современных операционных систем и приложений, технология *Hyper-Threading* дает заметный рост производительности системы.

Эффективность блоков *Hyper-Threading* при выполнении конкретных приложений сильно зависит от степени оптимизации кода программы.



Принцип работы технологии Hyper-Threading

Чем лучше оптимизирован код для архитектуры *Pentium 4,* тем меньше будет выигрыш от применения *Hyper-Threading,* поскольку «правильный» код нагружает элементы процессора по максимуму. Если же оптимизация кода далека от идеала, происходят промахи размещения данных в кэш-памяти, ошибки предсказания ветвлений, нарушение параллелизма выполнения инструкций. В результате часть аппаратных блоков ядра простаивает, ожидая результатов критичных операций. В этот момент свободные блоки могут быть представлены операционной системе как элементы второго, логического процессора и получить собственные задачи, выполнение которых будет происходить независимо от работы других элементов.

На физическом уровне технология *Hyper-Threading* реализована в следующих элементах: буфер очереди инструкций, буфер трансляции команд, указатель следующей инструкции, механизм возврата в стек инструкций, буфер с таблицами псевдонимов регистров, кэш отслеживания исполнения следующей инструкции и кэш отслеживания заполнения буфера инструкций.

Особенности ядра Prescott

Микроархитектура ядра *Prescott* в сравнении с предшественниками *(Willamette* и *Northwood)* содержит неоднозначные технические решения. С одной стороны, улучшены алгоритмы предвыборки *(Prefetch),* что позволило достичь больших значений реальной пропускной способности памяти. Заметны и другие положительные моменты, в первую очередь введение нового набора *SIMD*-инструкций *SSE3.*

С другой стороны, микроархитектура *Prescott* имеет ряд негативных черт: увеличение задержек доступа в кэш-память, снижение почти в два раза эффективной пропускной способности шины между уровнями кэша, увеличение задержек исполнения ряда инструкций. Невольно возникает подозрение, что в ядре *Prescott* потенциальные возможности архитектуры *NetBurst* реализованы далеко не полностью.

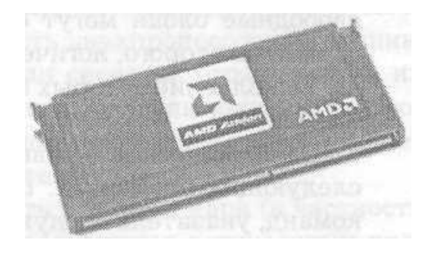
Развитие процессоров AMD

До появления процессоров семейства *Athlon* компания *AMD* при разработке процессорной архитектуры, по большому счету, следовала в фарватере технических решений корпорации *Intel.* В частности, сказанное относится к семействам процессоров *5x86* (1995 г.), *K5* (1996 г.), *K6* (1997 г.). В семействе *K6-2* (1998 г.) компания *AMD* впервые использовала микроархитектуру *RISC* для построения исполнительных конвейеров. Поэтому пришлось вводить блок перекомпилирования обычных *CISC*-инструкций произвольной длины в наборы *RISC*-команд фиксированной длины. Эта

политика была продолжена в процессорах семейства *K6-П1* (1999 г.)- Но только с выходом процессора *Athlon* (ядро микроархитектуры *K7)* компания продемонстрировала полностью независимые технические решения.

Интерфейс Slot A

Athlon 500 - 1000 МГц (август 1999 - май 2000)



Архитектура *K7* процессора *Athlon* опиралась на многие технологические новшества, в том числе на передовую системную шину *EV6,* заимствованную у процессоров *Alpha.* Первые образцы *Athlon* выпускались по технологическим нормам 250 нм. Кэш-память второго уровня объемом 256 Кбайт располагалась на процессорной плате и работала на частоте 1/2, 2/3 или 3/4 от частоты ядра процессора. С вводом в строй предприятия «Fab *30»* по выпуску микропроцессоров в немецком городе Дрездене производство *Athlon* постепенно перевели на технологические нормы 180 нм. В последних модификациях кэш-память второго уровня переехала с платы в ядро процессора.

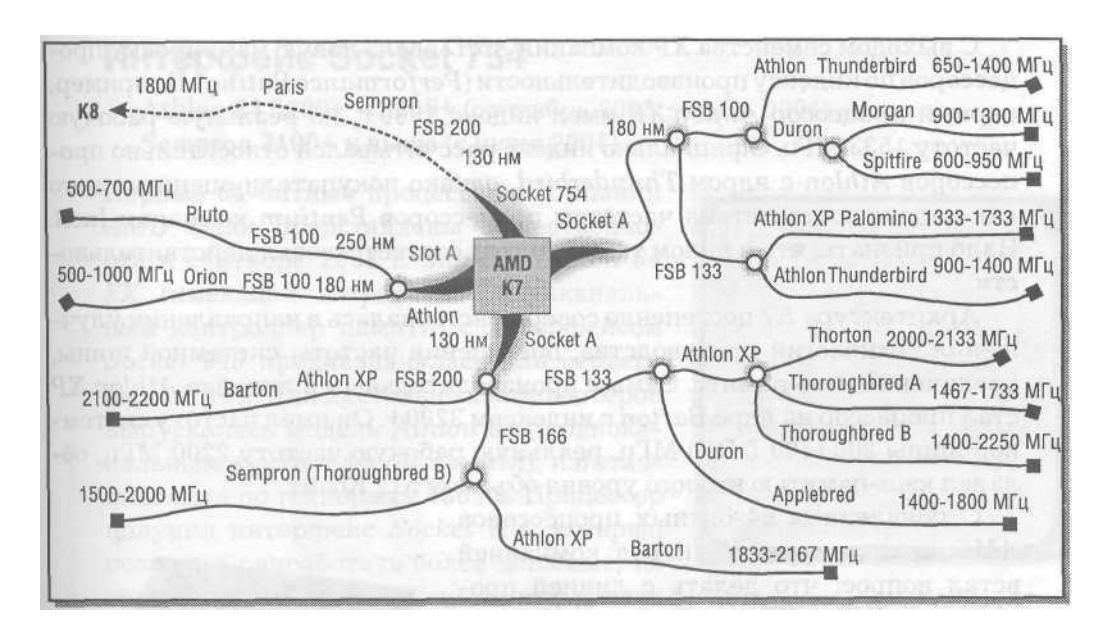
Процессор *Athlon* имеет на кристалле три параллельных декодера для обработки инструкций *x86,* по три конвейера для работы с целочисленными командами и данными с плавающей точкой. Конечно, предусмотрена поддержка инструкций *3DNow!* Кроме того, реализовано параллельное выполнение до девяти операций за один цикл синхронизации.

Интерфейс Socket A (Socket 462)

Athlon 650 - 1400 МГц (июнь 2000 - июнь 2001)
Duron 600 - 950 МГц (июнь 2000 - июнь 2001)
Duron 900 - 1300 МГц (май 2001 - январь 2002)
Athlon XP 1500+ - 2100+ (октябрь 2001 - март 2002)
Athlon XP 1700+ - 2100+ (апрель 2002 - июнь 2002)
Athlon XP 1700+ - 2800+ (июнь 2002 - октябрь 2002)
Athlon XP 2500+ - 3200+ (январь 2003 - май 2003)
Sempron 2200+ - 3000+ (с июня 2004)

В рассматриваемый период ни один другой интерфейс процессора не продержался в производстве так долго, как *Socket A.* Появление этого интерфейса стало возможным благодаря переводу производства на технормы 180 нм, что, в свою очередь, позволило применить компактную упаковку ядра в керамическом корпусе.

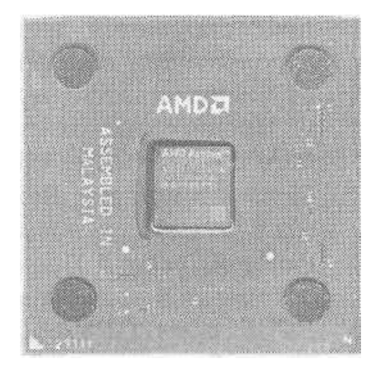
Модель *Athlon XP* с ядром *Palomino,* помимо технологических новшеств, обеспечила поддержку расширенного набора инструкций *SSE*



Генеалогия процессоров архитектуры AMD K7

фирмы *Intel.* С переходом на технологические нормы 130 нм появилось ядро *Thoroughbred,* а с внедрением системной шины 333 МГц — ядро *Thoroughbred B.*

В 2000 г. на рынке появились дешевые варианты *Athlon,* выполненные в плоском пластиковом корпусе, под штырьково-контактный разъем *Socket A.* Новинка получила название *Duron* и была призвана стать альтернативой процессорам *Celeron* фирмы *Intel.* Хотя *Duron* имеет тот же объем кэш-памяти второго уровня, что и *Celeron* (128 Кбайт), его преимущество заключается в способности работать на системной шине 100 МГц *(Celeron Socket 370* работал только на шине 66 МГц). Причем передача данных по шине памяти по обоим фронтам сигнала эмулирует результирующую частоту 200 МГц. Ядро *Thunderbird* обеспечило рабочие частоты процессора *Athlon* до 1400 МГц при тепловой мощности до 72 Вт.



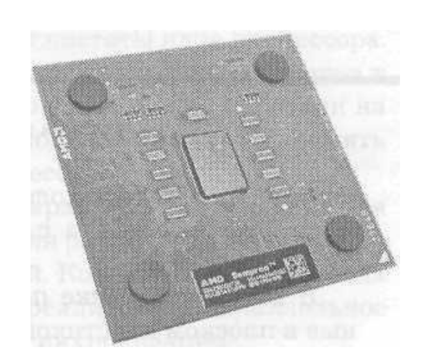
Процессор Athlon XP 2100

Новый интерфейс дружно поддержали производители системных плат *(VIA, SiS, AH, nVIDIA, ATI),* представившие множество моделей чипсетов для *Socket A.* Одним из выдающихся представителей стал чипсет *VIA KT133,* В связке С которым процессор *Athlon* достигал наилучшей производительности.

С выходом семейства *XP* компания *AMD* ввела новую маркировку процессоров по индексу производительности *(Performance Rating)*. Например, первый процессор *Athlon XP* имел индекс 1800+, но реальную рабочую частоту 1533 МГц. Официально индекс рассчитывался относительно процессоров *Athlon* с ядром *Thunderbird*, однако покупатели оценивали его как индекс соответствия частотам процессоров *Pentium* компании *Intel*. Надо признать, что в целом такой подход соответствовал действительности.

Архитектура *K7* постепенно совершенствовалась в направлении улучшения технологий производства, повышения частоты системной шины, увеличения кэш-памяти. Самым производительным в линейке *Athlon XP* стал процессор на ядре *Barton* с индексом 3200+. Он имел частоту системной шины 200 (400 *DDR)* МГц, реальную рабочую частоту 2200 МГц, обладал кэш-памятью второго уровня объемом 512 Кбайт.

С появлением 64-битных процессоров *AMD* архитектуры *K8* перед компанией встал вопрос: что делать с линией процессоров *Athlon XP* для *Socket A*. Их производительность практически не уступает соответствующим процессорам *Pentium 4* и однозначно превосходит *Celeron D*. Но интерфейс *Socket A* уже не отвечает современным задачам.



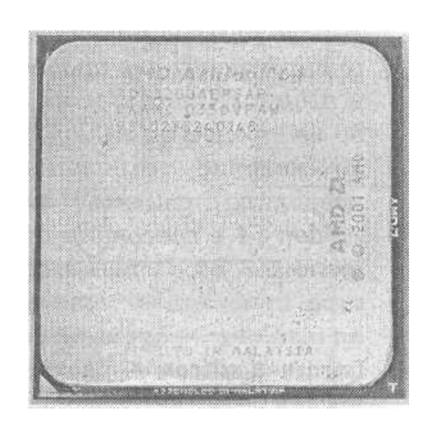
Процессор AMD Sempron Socket A

После недолгих размышлений компания объявила следующее решение: процессоры *Athlon XP* последних модификаций (на ядрах *Thoroughbred-B, Thorton* и *Barton)* переименовываются в *Sempron*, процессоры *Duron* снимаются с производства, разработка новых моделей процессоров для *Socket A* прекращается. Таким образом, пользователям предоставляется достаточно времени для постепенного сворачивания эксплуатации платформы *Socket A* и принятия решения о переходе на 64-битную платформу.

Процессоры архитектуры *K8* превосходят *Athlon XP (Sempron)* в работе с 32-битными приложениями, но не настолько, чтобы немедленно бежать в магазин. Важную роль в принятие решения о смене платформы будут играть новые интерфейсы, которые не поддерживаются платформой *Socket A*. Производителям невыгодно разрабатывать чипсеты для устаревшей платформы *Socket A* с поддержкой современных технологий *PCI Express, DDR2 SDRAM, Wi-Fi* и прочих. Поэтому новых наборов системной логики для *Socket A* не появится.

Интерфейс Socket 754

Athlon 64 3200+ - 3700+ (сентябрь 2003 - июнь 2004)
Sempron 3100+ и выше (с июня 2004)



Процессор AMD Athlon 64 Socket 754

Первые 64-битные процессоры компании *AMD* были представлены общественности в сентябре 2003 г. Модель *Athlon 64 FX* (имеющая встроенный двухканальный контроллер памяти) с интерфейсом *Socket* ***940*** предназначалась для серверных систем. Для настольных компьютеров выпускалась модель *Athlon 64* (с одноканальным контроллером памяти), изготавливаемая по технормам 130 нм. Процессор получил интерфейс *Socket 754,* который позволил разработать более дешевые, по сравнению с *Socket 940,* системные платы.

Первая модификация *Athlon 64 Socket 754* на ядре *ClawHammer* имела кэш-память второго уровня объемом 1 Мбайт. Вторая модификация на ядре *NewCastle* получила кэш *L2* объемом **512** Кбайт. После прекращения выпуска *Athlon 64 Socket* ***754*** для поддержки интерфейса был выпущен процессор *Sempron 3100+ Socket 754* на ядре *Paris.* Он представляет собой значительно урезанное ядро *NewCastle:* отсутствует поддержка технологии *AMD64,* объем кэш-памяти второго уровня уменьшен до 256 Кбайт. Тем не менее, сохранена поддержка инструкций *SSE* и технологии динамического управления частотой *Cool-and-Quiet.*

Процессоры с интерфейсом *Socket 754* имеют одноканальный контроллер памяти *DDR4 00,* оснащены шиной *HyperTransport* с частотой 300 МГц. Существует три чипсета с поддержкой *Socket 754: nVIDIA nForce3 150/-250, VIA K8T800, SiS 755FX.*

Интерфейс Socket 940

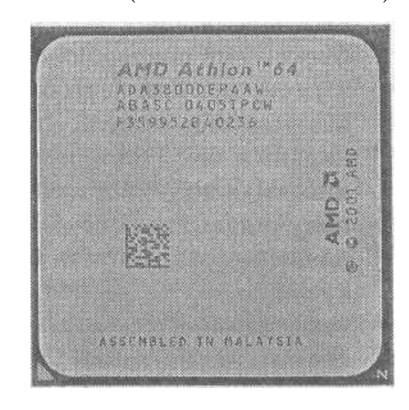
Athlon 64 FX-51 - FX-53 (сентябрь 2003 - март 2004)

Процессор *Athlon 64 FX* с интерфейсом *Socket 940* предназначен для серверных систем и оснащен двухканальным контроллером памяти *DDR400* (поддерживается только регистровая память *ECC).* Процессор соединяется с северным мостом чипсета шиной *HyperTransport* с пиковой пропускной способностью 3200 Мбайт/с. Интерфейс *Socket 940* поддерживается чипсетами: *nVIDIA nForce3 150* и *VIA K8T800.*

Интерфейс Socket 939

Athlon 64 3000+ и выше (с июня 2004)
Athlon FX-53 и выше (с июня 2004)

В июне 2004 г. компания *AMD* вернулась к стратегии использования единого интерфейса для процессоров одной линейки. Так процессоры *Athlon 64* и *Athlon FX* перешли на *Socket 939*. С внедрением технологических норм 90 нм процессор *Athlon 64* получил ядро *Winchester* (кэш *L2* 512 Кбайт). Применение технологии *Cool-and-Quiet* позволило снизить энергопотребление *Athlon 64* в состоянии покоя до рекордно низких 3 Вт. Использование в производстве кристаллов технологий *SOI (silicon on insulator* — кремний на изоляторе) и *SS (strained silicon* — растянутая кристаллическая решетка) позволило к исходу 2004 г. поднять частоту ядра, выпускаемого по 130 нм технормам, до 2,6 ГГц. Среди чипсетов, поддерживающих *Socket 939,* отметим: *ATI Xpress 200, nVIDIA nForce3 150/250, nVIDIA nForce4, SiS 755, SiS 756, SiS 760, VIA K8T800, VIA K8T890.*



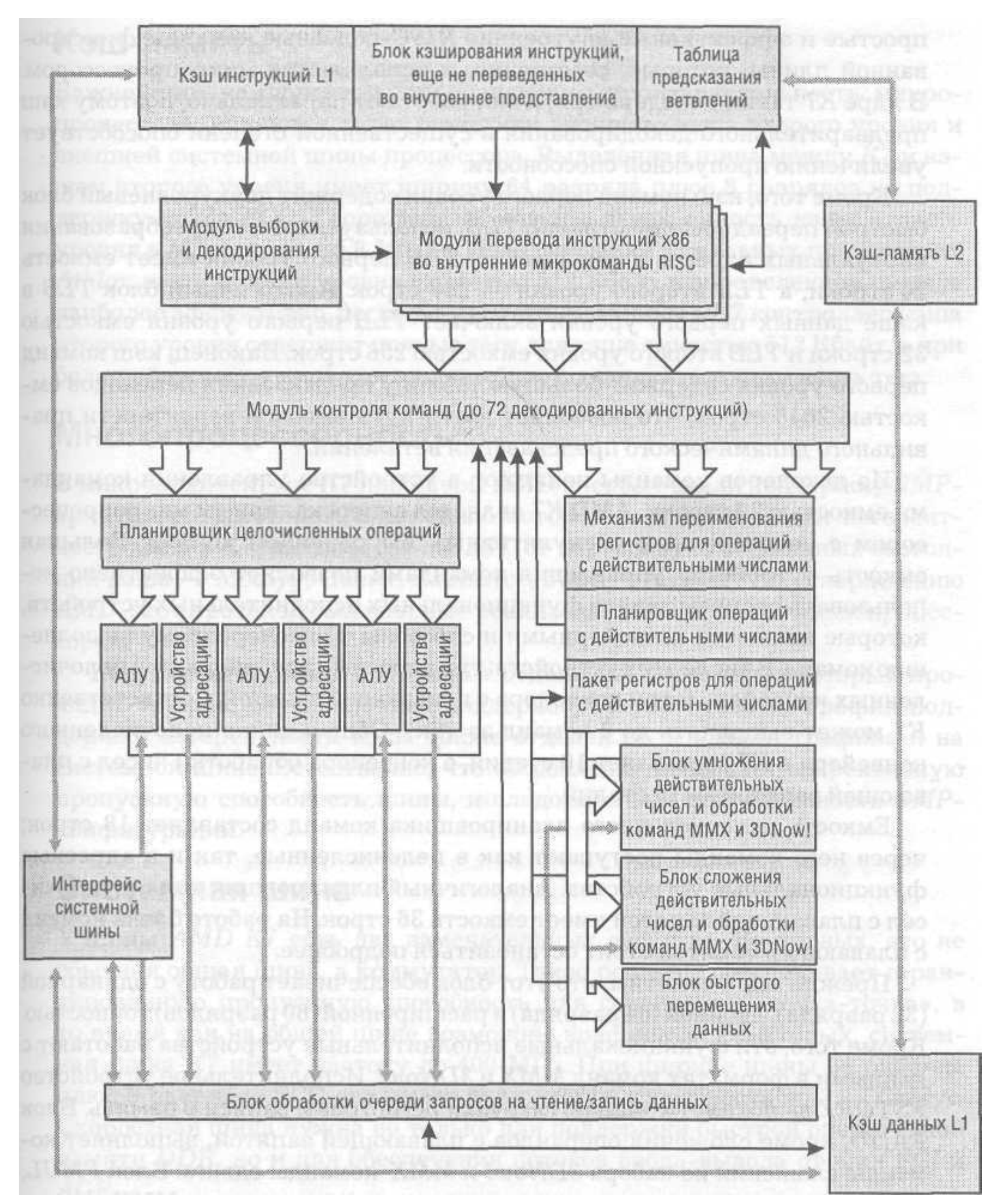
Процессор AMD Athlon 64 Socket 939

Архитектура AMD K7

Особенности микроархитектуры Athlon

Создание в 1999 г. процессорного ядра *K7* седьмого поколения стало значительным достижением компании *AMD.* В процессоре *Athlon* были реализованы выдающиеся технические решения: три параллельных исполнительных конвейера, системная шина с удвоенной частотой за счет передачи данных по фронту и спаду сигнала, асинхронная шина памяти, блоки декодера и предварительной выборки данных высокой интеллектуальности.

Кэш-память первого уровня включает двухканальные частично-ассоциативные (наборно-ассоциативные) кэш команд и кэш данных емкостью по 64 Кбайт каждый. Кэш данных *K7* обеспечивает одновременный доступ к двум 64-разрядным величинам при выполнении команд загрузки регистров и записи в память. Другой важной особенностью *K7* является наличие в блоке кэша команд специальной кэш-памяти предварительного декодирования, которая используется декодерами команд. Напомним,



Функциональная схема микроархитектуры K7

что в современных x86-совместимых процессорах прямого выполнения x86-команд не происходит, поскольку они неудобны для достижения максимума производительности. x86-инструкции декодируются в более

простые и эффективные внутренние *RISC*-подобные команды фиксированной длины, которые, собственно, и исполняются микропроцессором. В ядре *K7* таких декодера три, и они работают параллельно, поэтому кэш предварительного декодирования в существенной степени способствует увеличению пропускной способности.

Кроме того, кэш команд первого уровня содержит двухуровневый блок быстрой переадресации страниц *TLB,* используемый для преобразования виртуальных адресов в физические: *TLB* первого уровня имеет емкость 24 строки, а *TLB* второго уровня — 256 строк. Аналогичный блок *TLB* в кэше данных первого уровня включает *TLB* первого уровня емкостью 32 строки и *TLB* второго уровня емкостью 256 строк. Наконец, кэш команд первого уровня содержит большую таблицу предсказания переходов емкостью 2048 строк, что позволяет достигнуть высокой вероятности правильного динамического предсказания ветвлений.

Из декодеров команды попадают в устройство управления командами емкостью 72 строки. *AMD K7* является суперскалярным микропроцессором с внеочередным спекулятивным выполнением команд. Большая емкость устройства управления командами позволяет эффективно использовать ресурсы девяти функциональных исполнительных устройств, которые являются конвейерными и способны к внеочередному выполнению команд. В числе этих устройств: три адресных конвейера, три целочисленных конвейера и три конвейера с плавающей запятой. Соответственно *K7* может выполнять до 9 команд за такт. Общая длина целочисленного конвейера в *K7* составляет 10 стадий, а конвейера обработки чисел с плавающей запятой — 15 стадий.

Емкость целочисленного планировщика команд составляет 18 строк; через него команды поступают как в целочисленные, так и в адресные функциональные устройства. Аналогичный планировщик команд для чисел с плавающей запятой имеет емкость 36 строк. На работе блока команд с плавающей запятой стоит остановиться подробнее.

Прежде всего отметим, что этот блок обеспечивает работу с одинарной (32 разряда), двойной (64 разряда) и расширенной (80 разрядов) точностью. Кроме того, эти функциональные исполнительные устройства работают с данными в форматах команд *MMX* и *3DNow!,* Исполнительное устройство *FSTORE* выполняет команды загрузки регистров и записи в память. Блок *FADD,* кроме сложения операндов с плавающей запятой, выполняет команды сложения из набора *3DNow!* и MMX-команды сдвига. Блок *FMUL,* кроме умножения чисел с плавающей запятой, выполняет MMX-команды, команды *3DNow!* и специальные операции деления. Таким образом, *K7* может одновременно выполнять сложение и умножение чисел с плавающей запятой в блоках *FADD* и *FMUL.* Это дает пиковую производительность в две операции с действительными за такт.

Кэш-память

Важнейшим компонентом, определяющим производительность микропроцессора, являются характеристики внешнего кэша второго уровня и внешней системной шины процессора. Выделенная шина между *K7* и кэшем второго уровня имеет ширину 64 разряда плюс 8 разрядов на поддержку кодов *ECC*. Теоретически максимальная емкость кэша второго уровня в *K7* составляет 8 Мбайт. Использование в реальных процессорах *Athlon* кэша второго уровня емкостью 512 Кбайт в определенном смысле наиболее эффективно, поскольку интегрированный в *K7* контроллер кэша второго уровня содержит полные теги для кэша емкостью 512 Кбайт, а при большей ёмкости кэша контроллер будет содержать только часть тега.

Многопроцессорность

В микроархитектуре *K7* инженеры *AMD* впервые ввели поддержку *SMP*-архитектур. Протокол, с помощью которого поддерживается когерентность кэша в *K7,* называется *MOESI* (от первых букв возможных состояний кэша — *Modify, Owner, Exclusive, Shared, Invalid).* По утверждению *AMD,* этот протокол был впервые реализован в x86-совместимых процессорах.

Кэш первого уровня в *K7* имеет отдельный порт, через который проходит трафик, обусловленной поддержкой когерентности. Трафик поддержки когерентности кэша также отделен от основного трафика и на системной шине. Естественно, что обособление повышает эффективную пропускную способность шины, и следовательно, эффективность *SMP*-конфигураций.

Системная шина

У шины *AMD K7* есть два замечательных свойства. Во-первых, это не обычная общая шина, а коммутатор. Такое решение обеспечивает гарантированную пропускную способность для соединений «точка-точка», в то время как на общей шине возможны конфликты. Во-вторых, системная шина *K7* имеет частоту до 400 МГц. При ширине шины 64 разряда плюс 8 разрядов ECC она имеет пропускную способность до 3,2 Гбайт/с. Скоростная шина нужна не только для поддержки быстрой оперативной памяти *DDR,* но и для обеспечения потоков ввода-вывода от шин *PCI* и *AGP*.

Интерфейс системной шины *K7* электрически совместим с протоколом шины *Alpha EV6*. Микропроцессор *K7* подсоединяется к шине через интерфейс *Socket A (Socket 462)*. Важной особенностью, влияющей на пропускную способность шины *K7,* является объем передаваемых по шине пакетов. Такая пакетная передача данных способствует конвейеризации

обработки транзакций на шине. Для *K7* размер пакета составляет 64 байта (длина строки кэша), что вдвое больше, чем у процессоров поколения *P6*. Эффективному использованию системной шины способствует раздельная обработка транзакций. Она позволяет перекрывать выполнение различных транзакций во времени, разрешая начинать обработку новых транзакций, не дожидаясь завершения предыдущих. Теоретически максимальная емкость адресуемой шиной оперативной памяти в *K7* составляет 8 Тбайт, но реально наборы системной логики поддерживают до 4 Гбайт.

Особенности микроархитектуры Athlon XP

В октябре 2001 г. на рынок поступили первые процессоры *Athlon* на ядре *Palomino*. Этой модификации был присвоен индекс *XP (eXtreme Perfomance),* подчеркивающий новшества архитектуры в сравнении с «обычным» *Athlon*. Так, в частности, существенной переделке подвергся механизм трансляции адресов команд и данных в физические адреса памяти. Для ускорения доступа к командам и данным все современные процессоры имеют *Translation Look-aside Buffer (TLB)*. Этот буфер осуществляет кэширование, но не данных или команд, а их физических адресов. В предыдущих процессорах *Athlon* этот буфер был двухуровневым. Первый уровень *(L1)* емкостью 24 значения для адресов инструкций и 32 значения для адресов данных. Второй уровень *(L2)* мог хранить до 256 адресов данных и 256 адресов инструкций.

В ядре *Palomino* увеличен размер буфера первого уровня, теперь он может хранить до 40 значений адресов данных. Кроме того, теперь *TLB,* также как и основной кэш, стал «исключающим» — *exclusive*. Это означает, что содержимое буфера первого уровня не дублирует содержимого буфера второго уровня. И наконец, в новом ядре реализован механизм опережающей загрузки новых значений адресов (до того, как они могут потребоваться) — *speculatively reload*.

Существенно улучшен механизм опережающей загрузки данных из памяти в кэш. Этот механизм опережающей загрузки данных был реализован и в ранних процессорах, но только для инструкций, включенных в *3DNow!* и *SSE*. В ядре процессоров *Athlon XP* осуществляется непрерывный анализ адресов затребованных процессором данных и последовательности, в которой они были затребованы. На основании анализа делается попытка предсказания адресов данных, которые будут затребованы, и опережающая загрузка этих данных в кэш процессора. Во многих случаях, например, при циклической обработке больших массивов данных, предсказание будет успешным. Это позволяет повысить производительность даже для неоптимизированных приложений.

В ядре *Palomino* полностью реализованы как система команд *3DNow!,* так и система команд *SSE*. Этот комплексный набор получил название *3DNow! Professional Technology*.

Перечисленные изменения потребовали очередного увеличения количества транзисторов — до 37,5 миллионов. Однако это не привело к повышению потребляемой мощности. Более того, процессор *Athlon XP* стал примерно на 20% «холоднее» своего предшественника.

Изменения в маркировке

В обозначении процессоров *Athlon XP* указывается не тактовая частота процессора, а так называемый *model number* — номер конкретной модели в общем семействе процессоров *Athlon*. Например, *Athlon XP 1500+, Athlon XP 1800+*. К этому шагу *AMD* вынудило то обстоятельство, что процессор *Athlon XP,* несомненно, производительнее предыдущих моделей *Athlon*. Но как правильно сравнить процессор с ядром *Thunderbird,* работающий на частоте 1,4 ГГц, и процессор с более прогрессивным ядром *Palomino,* но работающий на частоте 1,33 ГГц, знает только компания *AMD*.

Несомненно, значение *model number* косвенно привязано к определенному значению тактовой частоты процессоров *Pentium 4*. Видимо, значение *model number,* к примеру, 1500+ означает, что в подавляющем большинстве приложений этот процессор не уступит *Pentium 4* с тактовой частотой 1,5 ГГц. Но компания *AMD* не скрывает, что процессоры *Pentium 4* и *Athlon XP* настолько разные, что без труда можно найти приложение, в котором *Pentium 4* окажется быстрее.

Архитектура AMD64

Сравнивая архитектуру процессоров компании *AMD* двух последних поколений *(K7* и *K8),* нетрудно заметить многие общие элементы. Можно сказать, что процессоры линейки *Athlon 64* являются прямыми наследниками *Athlon XP* не только по названию, но и по внутренней структуре. Удачные схемотехнические решения, получившие признание в *Athlon XP,* получили дальнейшее развитие в архитектуре *Athlon 64*.

Эксклюзивный кэш

Поскольку производительность подсистемы кэширования вносит заметный вклад в общую производительность процессора, рассмотрим ее микроархитектуру подробнее. В общем случае, производительность кэш-памяти характеризуется несколькими параметрами: задержками *(Latency),* пропускной способностью *(Throughput),* типом ассоциативности и некоторыми другими. Первые два параметра влияют на производительность заметно больше остальных.

Оригинальность организации кэш-памяти процессоров *AMD* заключается в ее «эксклюзивности» *(exclusive)*. Суть этой технологии в том, что содержимое кэша *L1* не копируется в кэш *L2,* то есть они дополняют друг

друга. Таким образом, суммарный объем кэша рассчитывается как сумма объемов *L1* и *L2.* Эксклюзивная архитектура обусловливает некоторые особенности в работе кэша. Особенность первая: поскольку в процессе работы данные «складываются» прежде всего в кэш *L1,* то практически всегда возникает нехватка места. В этом случае кэш *L1* перебрасывает самые ненужные данные в *L2,* а затем принимает новые. Для временного хранения перебрасываемых данных предусмотрен специальный буфер *(Victim buffer).* Необходимость в таком буфере возникает потому, что кэши *L1* и *L2* работают с разными задержками, как показано в таблице.

Таблица 1. Задержки для кэшей L1 и L2 архитектур K7 и K8

CPU	L1 latency, тактов	L2 latency, тактов
Athlon XP	3	11-20
K8	3	11-16

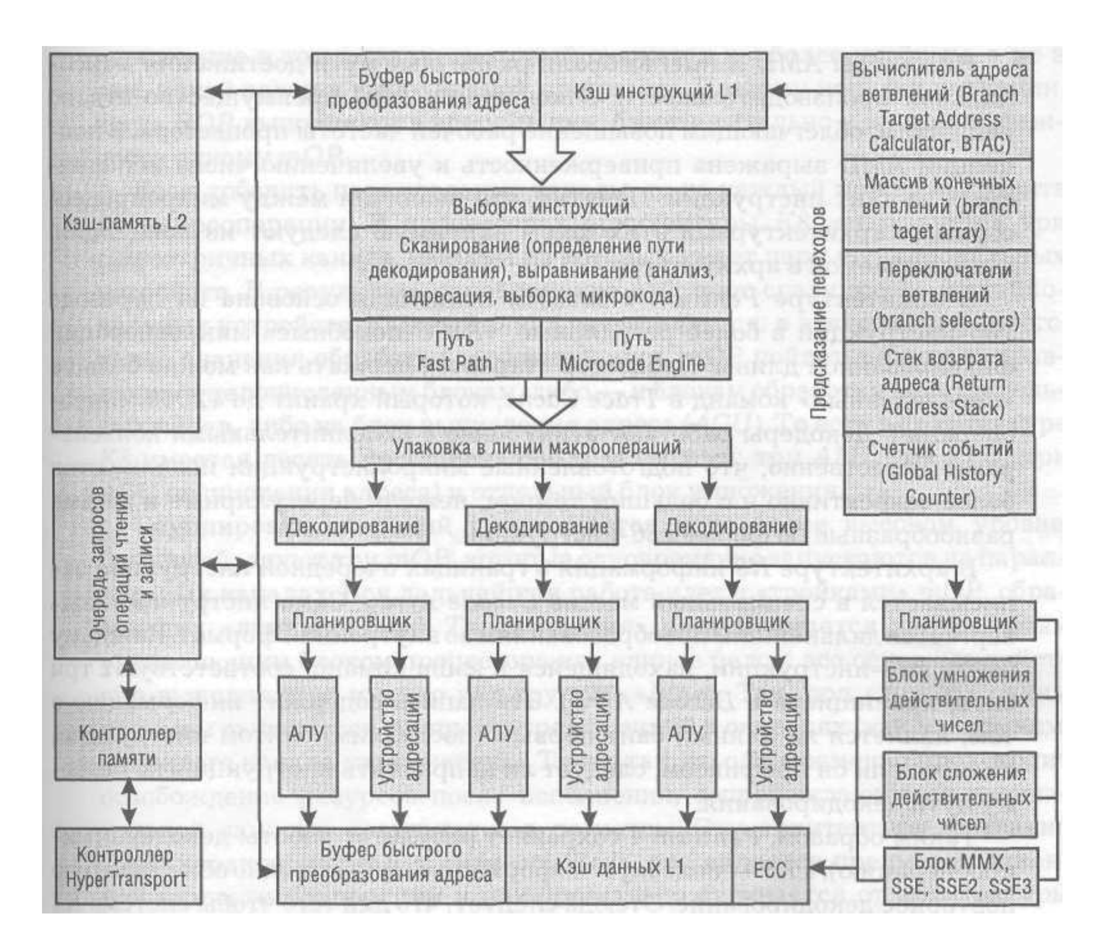
Вторую особенность архитектуры кэша *AMD K8* хорошо иллюстрирует вариант работы с данными, которых не оказалось в кэше *L1,* но они есть в кэше *L2.* В этом случае задержки обусловлены следующими операциями. На первом этапе процессор выполняет поиск данных в кэше *L1,* на это уходит три такта. На втором этапе освобождается место в *L1* для пересылки данных из *L2.* Соответственно, строка кэша сбрасывается в *Victim buffer,* освобождая место в *L1.* До окончания пересылки первого блока данных из *L2* (после чего процессор может продолжить работу) необходимо еще 8 тактов.

Если буфер свободен, 8 + 3 такта дают минимальную задержку в 11 тактов. Это так называемый «лучший» сценарий.

Если же *Victim buffer* занят, то на его очистку уходит 8 тактов. Переключение режимов записи/чтения кэша *L2* занимает два такта. Еще 8 тактов тратится на перенос данных в *L1.* Последние два такта опять расходуются на переключение режимов записи/чтения. Таким образом, в худшем случае операция загрузки занимает 8 + 2 + 8 + 2 = 20 тактов. Это значение точно равно задержке, так как операция чтения на разделяемой 64-битной шине *L1-L2* не может начаться, пока не будет закончена операция записи из *Victim buffer.*

По теоретической пропускной способности кэш второго уровня *K7* проигрывает инклюзивному кэшу *Pentium 4.* Это объясняется как особенностями эксклюзивной архитектуры кэша, так и более узкой шиной (у *Pentium 4* шина *L1-L2* имеет ширину 256 бит). Но в реальных приложениях таких ситуаций, которые бы демонстрировали несостоятельность эксклюзивной архитектуры кэша, практически не возникает.

Разрабатывая архитектуру *K8,* инженеры *AMD* модернизировали шину кэш-памяти *L1-L2.* Вместо одной двунаправленной шины шириной



Функциональная схема микроархитектуры AMD K8

64 бит уровни кэша связаны двумя однонаправленными шинами шириной по 64 бита. Такое решение позволило практически полностью нивелировать отрицательные эффекты «перегруза» шины *L1-L2* и снизить задержки в «худшем» варианте до 16 тактов.

Декодеры и конвейеры

Процессор архитектуры *K8* получил совершенно новый декодер *x86*-команд, что обусловлено необходимостью обработки инструкций *AMD64*, поддерживающих 64-битные приложения. Не секрет, что внутренняя система команд современных процессоров *x86* разительно отличается от внешней. Внешние команды для любого *x*86-процессора одинаковы. Но практически одинаковый программный код внутри процессоров раскладывается на совершенно разные простые инструкции, что хорошо заметно при сравнении архитектуры *K8* и *Pentium 4*.

Инженеры *AMD* и *Intel* выбрали различные пути достижения максимальной производительности. В концепции *Intel* преимущество отдано решениям, облегчающим повышение рабочей частоты процессора. В концепции *AMD* выражена приверженность к увеличению числа исполняемых за такт инструкций. Понятно, что различия между микропроцессорными архитектурами этих фирм напрямую следуют из концепции, закладываемой в архитектуру.

В архитектуре *Pentium 4* базовая концепция основана на переводе *x*86-инструкций в более регулярные, «*RISC*-подобные» микрооперации фиксированной длины. Процессор старается держать как можно больше «переведенных» команд в *Trace Cache,* который хранит до 12 000 микроопераций. Декодеры работают асинхронно с исполнительными конвейерами. Естественно, что подготовленные микроинструкции исполняются более эффективно и с большим темпом, нежели нерегулярные и весьма разнообразные по форме *x86*-инструкции.

В архитектуре *K8* информация о границах очередной инструкции записывается в специальный массив *Decode Array.* Сама инструкция подвергается дальнейшим преобразованиям во внутренний формат. Каждому байту *x*86-инструкции, находящейся в кэше команд, соответствуют три бита, хранящиеся в *Decode Array.* Эта запись содержит информацию о том, является ли данный байт первым (последним) байтом инструкции, является ли он префиксом, следует ли направлять инструкцию по особому пути декодирования.

Таким образом, *Pentium 4* сохраняет результат работы декодера (микрооперацию), а *K8* — полезную информацию, существенно облегчающую повторное декодирование. Отсюда следует, что для того чтобы система *K8* могла использовать все преимущества большого кэша команд, она должна обладать совершенным механизмом повторного декодирования. Такой механизм реализован в декодере следующим образом.

Внешние инструкции на завершающих этапах работы декодера «переводятся» в специальные внутренние команды — макрооперации *(mOP).* Большинству *x*86-инструкций соответствует одна макрооперация, некоторые инструкции преобразуются в две или три *mOP,* а наиболее сложные, например деление или тригонометрические функции, — в последовательность из нескольких десятков *mOP.* Макрооперации имеют фиксированную длину и регулярную структуру.

Макрооперация в определенный момент раскладывается на две простейшие микрооперации *(ROP),* одновременно посылаемые на исполнение функциональным элементам процессора *(ALU* или *FPU).* Для этого *mOP* содержит всю необходимую для запуска двух команд информацию, включая служебную. Объединение *ROP* в макрооперации позволяет сократить количество перемещаемых блоков данных и число промежуточных операций записи/считывания результата. При этом *ROP* направляются на

исполнение в том порядке, который окажется наиболее удобным, а не в том, какой задан в выполняемой программе. Поэтому нередки ситуации, когда *ROP* выполняются вперемешку, безотносительно к их принадлежности одному *mOP*.

Если добавить параллельные каналы, то на каждый можно направить по макрооперации. В процессорах архитектуры *K8* используется три симметричных канала, каждый из которых имеет пару функциональных устройств. В результате одновременно работают сразу шесть функциональных устройств. Каждый канал разветвляется: в зависимости от того, какие значения обрабатывает инструкция, *mOP* пойдет либо по направлению к целочисленным блокам, либо — к блокам обработки действительных чисел, либо на блок вычисления адреса *(AGU)*. То есть в архитектуре *K8* имеется десять функциональных устройств: три *ALU,* три *FPU,* три *AGU* (вычисления адреса) и отдельный блок умножения.

Группировка операций продолжается и на более высоком уровне. Группу образуют три *mOP,* которые одновременно запускаются на параллельных каналах. Вся дальнейшая работа идет с «тройками» *mOP,* образующих «линию» *(Line).* Такая «линия» воспринимается центральным управляющим блоком процессора как единое целое: все основные действия выполняются именно над группой *«Line».* Так, под «линию» одним приемом выделяется группа из трех позиций в очередях (как мы помним, у каждого канала своя очередь). Точно так же одновременно происходит освобождение ресурсов после исполнения, сопровождающееся окончательной записью результатов в регистры. Эту архитектуру компания *AMD* характеризует как *«line-oriented»,* она является предметом законной гордости корпорации и принципиально отличается от архитектуры *Pentium 4.*

Контроллер памяти

Интегрированный контроллер памяти микроархитектуры *K8* — уникальное явление среди процессоров для настольных систем. Во всех остальных вариантах *(Pentium 4, Celeron, Pentium M, AthlonXP, Sempron)* контроллер памяти размещается в микросхеме набора системной логики. Внедрение контроллера в архитектуру процессора позволило лучше согласовать возможности процессорного ядра и памяти. В оптимальном варианте пропускная способность памяти должна быть больше максимального потока данных, обрабатываемых процессором, а задержки (латентность) памяти должны быть минимальными.

Что касается пропускной способности, то процессор *Athlon 64 (Socket 939)* с частотой 1400 МГц в 32-битном режиме выдает «на гора» поток данных до 5,6 Гбайт/с. Двухканальная память *DDR400* обеспечивает пропускную способность 6,4 Гбайт/с. В этом аспекте проблем не воз-

никает. Но каковы задержки обращения к памяти? Оказывается, всего 65 тактов. То есть время доступа к памяти составляет 33 наносекунды. Это намного меньше показателей, демонстрируемых классическими чипсетами с интегрированным контроллером памяти. Например, платформа *Pentium 4 + i925 + dual channel DDR400,* самая быстрая среди конкурентов, обеспечивает время доступа к памяти 63 наносекунды.

Благодаря небольшим задержкам контроллер процессора *Athlon 64* обеспечивает эффективность памяти до 96% от теоретической пропускной способности, что с лихвой покрывает потребности платформы. В целом эффективность встроенного контроллера можно охарактеризовать как великолепную. Впервые архитектура процессоров *AMD* обеспечивает равные или лучшие по сравнению с процессорами *Intel* показатели эффективности памяти.

Семейство процессоров VIA

Процессор VIA Cyrix III



В начальный период развития ПК альтернативой процессорам *Intel* и *AMD* выступали модели, созданные компаниями *Cyrix* и *IDT*. После их ухода с рынка процессоров разработки этих фирм были на корню скуплены компанией *VIA*. От нового процессора *VIA Cyrix III* на ядре *Joshua* ждали не слишком многого — появления реального конкурента *Intel Celeron* на рынке бюджетных систем. Процессор с интерфейсом *Socket 370,* 64 Кбайт кэшем первого уровня, 256 Кбайт кэшем второго уровня, поддержкой частот системной шины до 133 МГц, обещал привлекательные показатели. На деле оказалось, что известные болезни архитектуры *Cyrix* (а ядро *Joshua* — разработка инженеров из этой фирмы) остались недолеченными. На офисных и других относительно простых задачах *VIA Cyrix III* действительно демонстрировал эффективность, примерно соответствующую своему рейтингу, однако проваливался при обработке трехмерной графики и мультимедиа, значительно уступая *Celeron*. В итоге в массовое производство изделие так и не попало.

Процессор VIA C3

Следующая реинкарнация процессора произошла под именем *VIA C3*. На этот раз ядро *Samuel* процессора проектировалось специалистами из под-



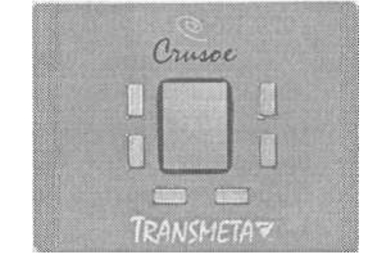
разделения *Centaur Technology* бывшей фирмы *IDT*. Технологические нормы составили 180 микрон, размер кэш-памяти первого уровня вырос до 128 Кбайт (по 64 Кбайт для инструкций и данных). Кэш-память второго уровня на ядре процессора отсутствует (можно использовать кэш на системной плате). Длина конвейера обработки данных составляет двенадцать ступеней. Для повышения конкурентоспособности необходимо было придумать «изюминку», отличающую новый процессор от всех остальных. В качестве таковой была выбрана технология *Dynamic Power Caching,* то есть автоматическое регулирование энергопотребления в зависимости от загрузки процессора (в варианте на ядре *Samuel 2).* Так, процессор с частотой 533 МГц в режиме полной мощности потреблял 10,5 Вт (в два раза меньше, чем *Celeron* аналогичной частоты), а в режиме «холостого хода» — всего 2 Вт. Низкое энергопотребление позволило отказаться от активного охлаждения — достаточно установки радиатора.

В конце 2001 г. фирма *VIA* приступила к производству процессора *C3B* на ядре *Ezra.* Модификация имеет 64 Кбайт кэш-памяти первого уровня и 128 Кбайт второго уровня. Рабочие частоты достигают 1000 МГц (1 ГГц).

В 2003 г. компания *VIA* начала выпуск процессора *C3* на ядре *Nehemiah* (технормы 130 нм), с интерфейсом *Socket 370,* в корпусе *EBGA.* Емкость кэш-памяти первого уровня увеличена до 128 Кбайт, а кэш второго уровня занимает 64 Кбайт. Рабочая частота достигает 1,2 ГГц при тепловой мощности всего 19 Вт. Обеспечена поддержка инструкций *MMX* и *SSE,* разработанных компанией *Intel* для процессоров *Pentium.* Одним из преимуществ процессора *VIA C3* является интерфейс *Socket 370.* По сути дела, сейчас это единственный современный процессор, который устанавливается в этот разъем. В итоге на платформе *VIA C3* можно построить чрезвычайно дешевую компьютерную систему.

Семейство процессоров Transmeta

Процессор Crusoe



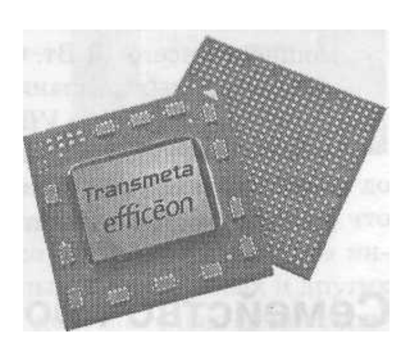
Фирма *Transmeta* длительное время интриговала компьютерное сообщество по поводу своего процессора *Crusoe.* Детище *Transmeta* называли «убийцей» бюджетного процессора *Intel Celeron.* Однако вышедшие в январе 2000 г. модели *TM3120* и *TM5400* разочарова-

ли любителей сенсаций. Архитектура этих процессоров действительно необычна: всего пять блоков вычислений, использование сверхдлинных инструкций *VLIW,* интеграция северного моста системного чипсета на процессоре. «*Transmeta* делает простое железо, которое опирается на хитрое программное обеспечение, так что элементарный процессор кажется гораздо более сложным — например, стандартным Intel-совместимым *x86.* А чем меньше и проще становится железо, тем меньше транзисторов содержит процессор, а, следовательно, он потребляет меньше энергии...»— так писал о продукции компании *Transmeta* небезызвестный Линус Торвальдс, «отец» операционной системы *Linux.*

Архитектура *VLIW* получила дальнейшее развитие в 2002 г. в процессорах серии *TM5700/5800/5900.* Инструкции длиной 128 бит обрабатываются в конвейере длиной 7 ступеней с производительностью до 4 операций за такт. Конвейер для чисел с плавающей точкой имеет длину 10 ступеней. Обеспечена поддержка инструкций *MMX.* Кэш-память первого уровня занимает 128 Кбайт, кэш-память второго уровня до 512 Кбайт *(TM5900).* Микросхема помимо ядра процессора содержит контроллеры памяти *(DDR266)* и шины *PCI,* что позволяет создавать компактные платформы для мобильных и настольных систем.

Рабочая частота процессора до 1000 МГц при тепловой мощности всего 9,5 Вт. Кристалл изготавливается по технормам 130 нм и упаковывается в корпус *FC-OBGA* с оригинальным интерфейсом *Socket 399.*

Процессор Efficion



В 2003 г. компания *Transmeta* представила новое семейство процессоров *TM8600/8620/8680* на ядре *Efficeon.* Архитектура процессора сохранила основные черты *Crusoe,* расширив его возможности: обработка инструкций длиной 256 бит в конвейере длиной 8 стадий. Внедрена аппаратная поддержка инструкций *SSE* и *SSE2.* Кэш-память первого уровня для данных составляет 64 Кбайт, для инструкций 128 Кбайт. Кэш второго уровня достигает объема 1024 Кбайт.

Кроме ядра, микросхема содержит минимально необходимый для создания готовых систем набор системной логики: контроллер памяти *(DDR333),* контроллер шины *AGP4x,* контроллер интерфейсов ввода-вывода *(PS/2, COM, LPT).* В качестве системной используется шина *HyperTransport* с частотой 400 МГц и пропускной способностью до 1,6 Гбайт/с.

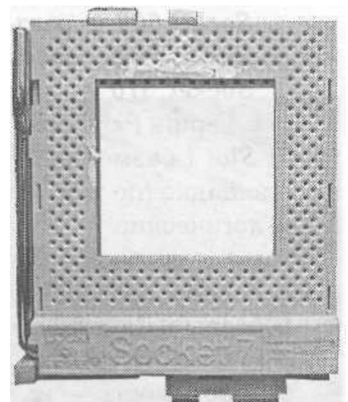
Рабочая частота процессора до 1600 МГц *(TM8680)*. Модели *TM8600/8620* выпускаются по технормам 130 нм фабрикой *TMSC,* модель *TM8680* производит по технормам 90 нм компания *Fujitsu*. Микросхемы упакованы в корпуса *OBGA* с оригинальным интерфейсом *Socket 783*. Миниатюрный процессор *TM8620* выпускается в квадратном корпусе *OBGA* со стороной 21мм, оснащен оригинальным интерфейсом *Socket 592*.

Процессоры семейств *Crusoe* и *Efficion* позиционируются как решение для мобильных компьютеров, *SFF* и на серьезную конкуренцию с продукцией компаний *Intel* и *AMD* в секторе настольных систем не претендуют.

Но и в секторе мобильных компьютеров позиции *Transmeta* не слишком прочны. Компания, которая рассчитывала на безусловное лидерство, ныне является всего лишь одним из нескольких участников рынка, поскольку корпорации *Intel* и *AMD* разработали собственные технологии понижения энергопотребления процессоров для мобильных компьютеров.

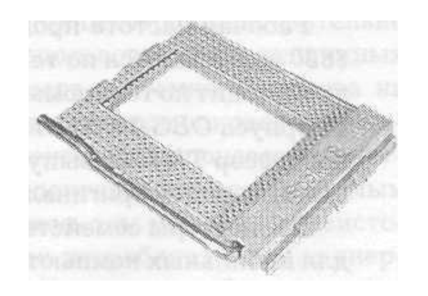
Разъемы процессоров

Особого обсуждения требует процессорный разъем *(Socket)*. Разъем для процессора — не просто механическое устройство на системной плате. Спецификация разъема описывает не только его конструктив, но и электрические параметры, и назначение контактов, предопределяет порядок взаимодействия с шинами данных, питания, особенности работы с оперативной памятью и многие другие показатели. За последние десять лет в компьютерах класса *IBM PC* использовалось более полутора десятков конструкций разъемов. Но лишь нескольким была суждена сравнительно долгая жизнь. К числу «долгожителей» относятся разъемы *Socket 7* (1995-1998 гг.), *Socket 370* (1998-2001 гг.), *Socket 478* (2001-2004 гг.), *Socket A* (2000-2005 гг.).



Socket 7 — разъем типа *ZIF (Zero Input Force* — нулевое усилие установки) с 296 контактами, расположенными в плоском прямоугольном конструктиве.

Используется всеми процессорами класса *Intel P54/P55, AMD K5* и *K6, Cyrix 6x86* и *6x86MX, Centaur Technology IDT C6*. Весь обмен данными (в том числе с кэш-памятью второго уровня) идет по единственной 64-разрядной шине. Это послужило одной из основных причин, по которым *Intel* отказалась от дальнейшего развития интерфейса *Socket 7*.



Socket 8 — разъем *ZIF* с 387 контактами для процессора *Pentium Pro,* расположенный в плоском прямоугольном конструктиве. Разъем обеспечивает разделение собственно системной шины и шины для обмена данными с кэш-памятью. Для него требуется процессор в специальном корпусе *(multichip module),* включающем собственно кристалл процессора и один-два кристалла *SRAM* кэш-памяти второго уровня. При этом кэш может работать на частоте процессора или иметь дробный коэффициент (1/2) умножения частоты.

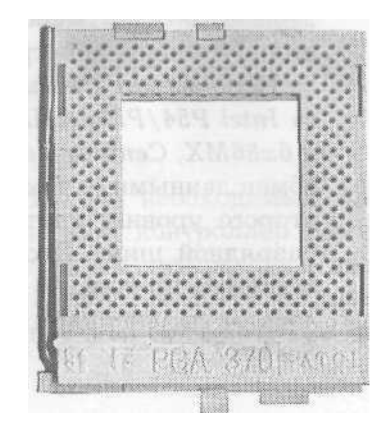


Slot 1 — разъем с продольно расположенными 242 контактами. Он предназначен для установки процессоров *(Pentium II/III, Celeron),* выполненных в картридже *SEPP.* Внутри картриджа размещены кристаллы процессора и кэш-памяти *(Pentium II/III).* В *Pentium III Coppermine* кэш второго уровня расположен в кристалле процессора. Шины данных и кэша разведены отдельно. Кэш второго уровня может работать на частотах, составляющих 100%, 50% или 33,3% частоты процессора. Кэш *L2* в процессорах *Celeron* либо отсутствует, либо выполнен на одном кристалле с ядром процессора. На материнской плате можно устанавливать до двух разъемов *Slot 1.*

Slot 2 — разъем для установки картриджей с процессором *Xeon* с 330 продольно размещенными контактами. Предназначен для рабочих станций и серверов высокого класса. На материнской плате допускается монтаж до четырех разъемов *Slot 2,* а при использовании специальных устройств расширения — и более.

Socket 603 — разъем для процессоров *Intel Xeon* в корпусе *INT-mPGA.*

Socket 604 — разъем для процессоров *Intel Xeon* в корпусе *FC-mPGA.*



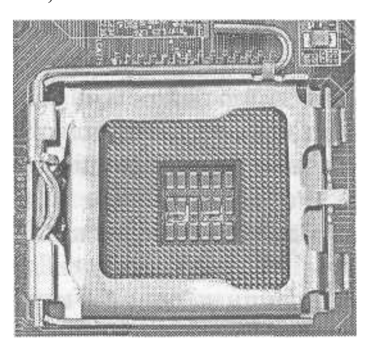
Socket 370 — интерфейс для процессоров серии *Pentium III/Celeron.* Отличается от *Slot 1* размещением контактов на плоской площадке (по типу *Socket* 7). Электрические и логические параметры полностью совпадают с разъемом *Slot 1.* Для подключения к новому интерфейсу годятся только процессоры в пластмассовом корпусе типа *PGA (Pin Grid Array).* Однако возможна обратная совместимость — имеются переходники для установки процессоров в корпусах *PGA* в разъем *Slot 1.*

Socket 370 FC-PGA — интерфейс для процессоров *Pentium III/Celeron* (ядро *Coppermine)* в корпусах *PPGA.* Физически совпадает с *Socket 370,* однако электрически с ним несовместим. В частности, изменено назначение контактов, использованы другие напряжения питания. Существуют адаптеры (переходники) *FC-PGA/Slot 1,* но поддержка процессоров должна обеспечиваться *BIOS* и блоком питания системной платы.

Socket 370 FC-PGA2 — плоский штырьковый разъем для процессоров *Intel Pentium III/Celeron* на ядре *Tualatin* в корпусе *PPGA.* Для его поддержки требуются модифицированные чипсеты (например, *Intel 815 Step B).* Несовместим с предыдущим разъемом по логическим сигналам.

Socket 423 •— плоский штырьковый разъем для 32-разрядного процессора седьмого поколения *Intel Pentium 4 /Celeron* на ядре *Willamette* в корпусе *OOI.*

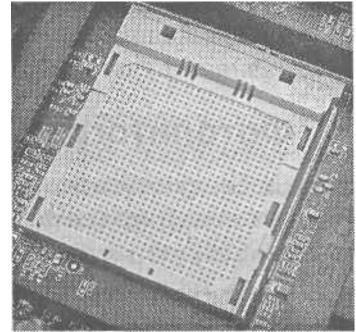
Socket 478 — плоский штырьковый разъем для процессора *Pentium 4/ Celeron* на ядре *Northwood* или *Prescott* в корпусах *FC-mPGA4.* Интерфейс поддерживается модифицированными чипсетами, начиная с *i845GE.*



Socket 775 — контактная площадка *(Land Grid Array, LGA775)* для процессоров *Pentium 4/Celeron* на ядре *Prescott* в корпусах *FC-LGA4.* Ножки стали частью разъема, а не процессора. Процессор получил плоские контактные площади. В конечном итоге произошло перераспределение ответственности между поставщиками: раньше о целостности ножек голова болела у изготовителя процессора, теперь — у изготовителя системной платы.

Slot A — разъем с продольно расположенными 242 контактами для процессора *AMD Athlon* в картридже, имеющего кэш-память второго уровня в отдельном кристалле на плате процессора.

Socket A (Socket 462) — разъем с плоской контактной площадкой для процессоров *Athlon/Athlon XP/Duron* в корпусах *CPGA* или *OPGA.*



Socket 754 — разъем процессора *AMD Athlon 64* на ядре *ClawHammer* в корпусе *mPGA* и процессора *Sempron* в корпусе *OPGA.*

Socket 939 — универсальный разъем для процессоров *AMD Athlon 64* и *Athlon FX* в корпусах *OPGA.*

Socket 940 — разъем процессоров *AMD Athlon FX* и *Opteron* на ядре *SledgeHammer* в корпусах *OPGA.*

Производство процессоров

В современной микроэлектронике основными компонентами интегральных микросхем являются полупроводники p-типа и n-типа (в зависимости от типа проводимости). Основой полупроводников обоих типов служит кремний *(Si),* который в чистом виде плохо проводит электрический ток. Добавление (внедрение) в кремний определенной примеси позволяет радикально изменить его проводящие свойства. Примеси позволяют формировать комплиментарные металл-оксидные полупроводниковые (КМОП) транзисторы — основные структурные элементы современных микросхем. В отличие от механических переключателей, КМОП-транзисторы практически безынерционны и способны переходить из открытого в запертое состояние триллионы раз в секунду. Именно этой характеристикой, то есть способностью мгновенного переключения, и определяется в конечном счете быстродействие процессора, который состоит из десятков миллионов таких транзисторов.

Процесс создания микросхемы процессора начинается с выращивания цилиндрического монокристалла кремния диаметром 200 или 300 мм. В дальнейшем из таких монокристаллических заготовок (болванок) нарезают круглые пластины *(wafers* — вафли). Это и есть кремниевые подложки, служащие основой для производства микросхем.

Понятно, что на пластине диаметром 200-300 мм можно разместить много микросхем, даже если речь идет о процессоре с десятками миллионов транзисторов. Для простоты мы рассмотрим процессы, происходящие лишь на одном участке.

После формирования кремниевой подложки наступает этап создания сложнейшей полупроводниковой структуры. Для этого в кремний внедряют примеси. Те области, куда не требуется внедрять примеси, защищают специальной пленкой из диоксида кремния, оставляя оголенными только те участки, которые подвергаются дальнейшей обработке. Процесс формирования проводящего слоя состоит из нескольких этапов.

На первом этапе вся пластина кремния целиком покрывается тонкой пленкой диоксида кремния, который является хорошим изолятором и выполняет функцию защитной пленки.

Фотолитография

На следующем этапе удаляют защитную пленку с тех мест, которые будут подвергаться дальнейшей обработке. Удаление пленки осуществляют травлением, а для защиты остальных областей от травления на поверхность пластины наносят слой так называемого фоторезиста. Термином «фоторезисты» обозначают светочувствительные и устойчивые к воздействию агрессивных факторов составы. Процесс нанесения фоторезиста и

его дальнейшее облучение ультрафиолетом по заданному рисунку называется фотолитографией.

Для засветки нужных участков слоя фоторезиста используют специальный шаблон-маску. Чаще всего для этой цели применяют пластинки из оптического стекла с полученными фотографическим или иным способом непрозрачными элементами. Фактически такой шаблон содержит рисунок одного из слоев будущей микросхемы. Поскольку этот шаблон является эталоном, он должен быть выполнен с большой точностью. Ультрафиолетовое излучение, проходя сквозь шаблон, засвечивает только нужные участки поверхности слоя фоторезиста. После облучения фоторезист подвергают проявлению, в результате которого удаляются ненужные участки слоя. При этом открывается соответствующая часть слоя диоксида кремния.

Фотолитографический процесс является наиболее сложным в производстве микросхем. Дело в том, что в соответствии с законами волновой оптики минимальный размер пятна, в который фокусируется лазерный луч, определяется, кроме прочих факторов, длиной световой волны. Развитие литографической технологии со времени ее изобретения в начале 1970-х годов шло в направлении сокращения длины световой волны. Именно это позволяло уменьшать размеры элементов интегральной схемы. С середины 1980-х годов в фотолитографии использовали ультрафиолетовое излучение, получаемое с помощью лазера. Сейчас применяют технологию, получившую название *EUV*-литографии *(Extreme UltraViolet* — сверхжесткое ультрафиолетовое излучение с длиной волны 13 нм). *EUV*-литография делает возможной печать линий шириной до 30 нм.

В производстве процессоров используют сухой метод травления: для удаления с поверхности пластины диоксида кремния применяют ионизированный газ (плазму). После процедуры травления, то есть когда оголены нужные области чистого кремния, удаляется оставшаяся часть фотослоя. Таким образом, на кремниевой подложке остается рисунок, выполненный диоксидом кремния.

Внедрение примесей

Напомним, что процесс формирования необходимого рисунка на кремниевой подложке требуется для создания в нужных местах полупроводниковых структур путем внедрения примеси. Для получения полупроводника n-типа обычно используют сурьму, мышьяк или фосфор. Для получения полупроводника p-типа в качестве примеси используют бор, галлий или алюминий.

Диффузию легирующей примеси осуществляют методом ионной имплантации: ионы нужной примеси выстреливаются ускорителем и прони-

кают в поверхностные слои кремния. По окончании этапа ионной имплантации необходимый слой полупроводниковой структуры создан.

На этапе создания «рисунка» слоя используют современные технологии: *Silicon strained technology* (растянутого кремния) и *Silicon on Insulator* (кремний на диэлектрике). Это позволяет снизить токи утечки, увеличить диэлектрическое сопротивление затвора транзистора. В частности, совмещенную технологию *SST + SOI* применяет компания *AMD* при производстве процессоров по технормам 90 нм.

Многослойные структуры

Наложение новых слоев осуществляют несколько раз, при этом для межслойных соединений в слоях оставляют окна, которые заполняют атомами металла. В результате на кристалле создаются металлические полоски — проводящие области. Процесс выращивания и обработки всех слоев длится несколько недель, а сам производственный цикл состоит из более чем 300 стадий. В итоге на кремниевой пластине формируются сотни идентичных процессоров.

Упаковка и тестирование

По окончании цикла формирования пластины все процессоры тщательно тестируют. По результатам теста определяется частотный класс партии чипов (здесь скрыты резервы, иногда позволяющие «разогнать» процессор). Затем из пластины-подложки с помощью специального устройства вырезают конкретные, уже прошедшие проверку кристаллы. Каждый микропроцессор встраивают в защитный корпус, который также обеспечивает электрическое соединение кристалла микропроцессора с внешними устройствами. Тип корпуса зависит от типа и предполагаемого применения микропроцессора. После установки в корпус каждый микропроцессор повторно тестируют.

Технологические нормы

Технологические нормы производственного процесса определяют характерное минимальное расстояние между двумя соседними элементами в одном слое микросхемы, то есть своеобразный шаг сетки, к которой осуществляется привязка элементов микросхемы. При этом совершенно очевидно, что чем меньше этот характерный размер, тем больше транзисторов можно разместить на одной и той же площади микросхемы.

При использовании технологии с нормами 130 нм полезная ширина канала транзистора составляет 60 нм, а толщина оксидного слоя затвора не превышает 1,5 нм. Если же использовать технологию с нормами 90 нм, транзисторы будут иметь длину затвора 50 нм и толщину оксидного слоя

затвора всего 1,2 нм. В лабораторных условиях уже делают кристаллы по технологическим нормам 65 нанометров.

Лидерами в технологии всегда были компании *Intel* и *IBM,* которые имеют возможность вкладывать миллиарды долларов в передовые разработки. Фирма *AMD* имеет меньше средств на строительство собственных фабрик микроэлектроники. В последнее время *AMD* заказывает производство части процессоров компаниям *IBM* и *Taiwan Semiconductor Manufacturing Corporation (TSMC).*

В технологических нормах, особенностях архитектуры ядра, величине кэша второго уровня надо искать корни существенной разницы в цене между близкими по архитектуре процессорами. *Pentium 4* с кэш-памятью второго уровня 512 Кбайт в два раза дороже модели *Celeron* с кэшем 256 Кбайт, потому что выход годных кристаллов для быстрой *SRAM* памяти с исходной кремниевой пластины сравнительно невелик.

Технологические нормы, число транзисторов на кристалле и рабочая частота процессора напрямую влияют на его термодинамические характеристики. Ужесточение технорм, как показывает практика, на какое-то время снижает максимальную тепловую мощность процессоров (при неизменной архитектуре ядра). Но затем, вдохновленные новыми возможностями, инженеры наращивают рабочую частоту, усложняют архитектуру ядра, увеличивают кэш-память. В итоге, если сравнить семейства процессоров, изготовленных по разным технологическим нормам, более «строгая» технология порождает семейство с тепловой мощностью старших моделей выше, чем у предыдущего семейства.

Системная плата

- Форм-фактор
- Интерфейс процессора
- BIOS
- Схемотехника системной платы
- Краткая история чипсетов
- Актуальные чипсеты

Материнская (системная) плата является важнейшим компонентом персонального компьютера, выступая интегратором для всех других компьютерных устройств. Совместно с процессором и оперативной памятью она образует платформу, определяющую основные функциональные возможности компьютера и его производительность. Ключевой элемент системной платы — набор микросхем системной логики (НМСЛ), который обеспечивает взаимодействие других компонентов и функционирование базовых интерфейсов. Помимо НМСЛ системная плата содержит базовую систему ввода-вывода *(BIOS),* цепи электрического питания компонентов, механические элементы для монтажа в корпус.

Основными параметрами системной платы являются:

- форм-фактор;
- поддерживаемый интерфейс процессора;
- тип и максимальный объем поддерживаемой оперативной памяти;
- поддерживаемые интерфейсы;
- тип и возможности *BIOS.*

В качестве дополнительных параметров часто выступают встроенные графические, звуковые, коммуникационные возможности.

Форм-фактор

Форм-фактор, или типоразмер системной платы, определяет ее габариты, параметры электропитания, расположение монтажных элементов (отверстий, клипсов), размещение разъемов различных интерфейсов и т. д.

Спецификации форм-фактора также содержат требования к электрическим и механическим параметрам блока питания и корпуса. В последних версиях форм-фактора определяются и требования к системе охлаждения компьютера.

Требования к максимальным размерам системных плат приведены ниже.

Таблица 2. Параметры системных плат

Наименование	Ширина, мм	Глубина, мм
AT	305	330
Baby AT	216	330
ATX	305	244
Mini-ATX	284	208
microATX	244	244
FlexATX	229	191
BTX	325	266,7
microBTX	264	266,7
picoBTX	203	266,7
ITX	215	191
Mini-ITX	170	170
nanoITX	120	120
NLX	229	345
LPX	229	330
Mini-LPX	229	279

Экскурс в историю

Впервые вопросами стандартизации системных плат занялась компания *IBM,* приступившая в середине 1980-х годов к массовому производству персональных компьютеров. Первым отраслевым стандартом стал форм-фактор *PC/XT,* которого были вынуждены придерживаться все производители, принявшиеся штамповать клоны *IBM PC.* Решение компании *IBM* сделать архитектуру *PC/XT* открытой (не требовавшей лицензирования) обусловило бурное развитие и широкое распространение IBM-совместимых компьютеров. С тех пор по традиции основные типоразмеры системных плат для платформы *IBM PC* принадлежат к открытой архитектуре и не требуют лицензирования производителем. Есть и обратный пример — платформа *Apple.* Ее архитектура является закрытой, клонов компьютеров *Apple* не существует. Соотношение двух подходов к лицен-

зированию наглядно характеризуют данные по доле рынка настольных ПК, занимаемых платформами в 2003 году: 3,8% — компьютеры *Apple,* все остальное — *IBM PC.*

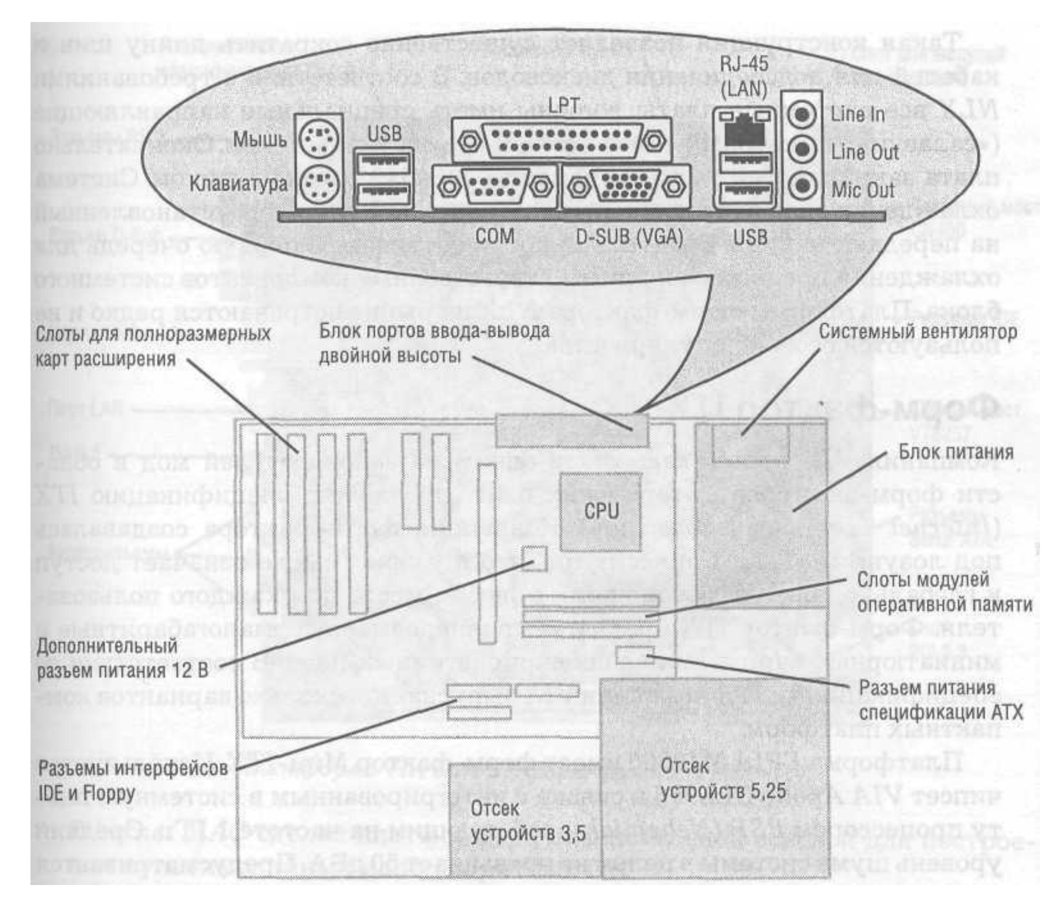
Форм-фактор *AT* пришел на смену *PC/XT* в конце 1980-х годов. Полномасштабные системные платы выпускались недолго, поскольку новые компоненты стали малогабаритными и не требовали слишком большой площади для монтажа. В 1992 г. одновременно с появлением процессора *Intel 386* был внедрен форм-фактор *Baby AT.* Разъем процессора располагался вдалеке от слотов расширения и разъемов модулей памяти. Порты ввода-вывода располагались по отдельности в тыльной части материнской платы. Разъемы *IDE* и *FDD* группировались рядом и соединялись с накопителями стандартными плоскими шлейфами. Сначала клавиатура подсоединялась к разъему *DIN5,* а мышь к порту *COM.* Затем клавиатура и мышь получили стандартные разъемы *PS/2.* В целом форм-фактор *Baby AT* обеспечил удобство монтажа компонентов, сборки и тестирования системы. Именно в период 1992-1995 годов самостоятельная сборка компьютеров из стандартных компонентов стала доступной широкому кругу пользователей, а не только специалистам.

Форм-фактор ATX

Форм-фактор *ATX* был предложен фирмой *Intel* в 1995 г. С тех пор он приобрел широкую популярность. К настоящему моменту большинство системных плат, блоков питания, корпусов для компьютеров на базе процессоров *Intel, AMD, Cyrix* выпускаются в формате *ATX.* Особенности спецификации *ATX:* размещение портов ввода-вывода на системной плате; встроенный разъем типа *PS/2;* расположение *IDE*-разъемов и разъемов контроллера дисководов ближе к самим устройствам (благодаря развороту платы, по сравнению с *AT,* на 90°); размещение гнезда процессора в задней части платы, рядом с блоком питания (в последней версии — 24 контакта); использование единого 20-контактного разъема питания. Предусмотрена возможность управления режимами работы блока питания со стороны контроллера системной платы.

Форм-фактор LPX

Типоразмер материнских плат для сверхнизких корпусов *SLIM* называется *LPX.* В них платы расширения устанавливаются параллельно системной плате, посредством переходника с повернутыми на 90° разъемами. За счет этого получается очень плоская конструкция, но число таких разъемов невелико (обычно не более трех), а термические условия работы компонентов весьма напряженные. Платформы форм-фактора *LPX* широкого распространения не получили.



Рекомендации спецификации ATX 2.3 по размещению компонентов системной платы

Форм-фактор NLX

Корпорация *Intel* продвигала форм-фактор *NLX* как базу для построения компактных компьютеров. Системная плата согласно этой спецификации разделена на две части. В специальный разъем (получивший название *NLX Riser Connector),* непосредственно примыкающий к блоку питания, вставляется процессорная плата (содержит процессор, *BIOS,* слоты для модулей оперативной памяти). Кроме контактов питания разъем имеет информационную (системную) шину. Другая плата (названная *riser card)* установлена в корпусе компьютера стационарно (то есть является частью компьютерной системы) и может иметь слоты интерфейсов *PCI, USB, IEEE1394* и любых других имеющихся и перспективных стандартов. Таким образом, после установки процессорная плата автоматически оказывается подключенной к питанию и к шинам интерфейсов.

Такая конструкция позволяет существенно сократить длину шин и кабелей для подсоединения дисководов. В соответствии с требованиями *NLX* все системные платы должны иметь специальные направляющие («салазки»), по которым они «въезжают» в системный блок. Окончательно плата закрепляется в блоке с помощью зажима с эксцентриком. Система охлаждения включает мощный нагнетающий вентилятор, установленный на передней панели. Воздушный поток поступает в первую очередь для охлаждения процессора и других ответственных компонентов системного блока. Платформы форм-фактора *NLX* на рынке встречаются редко и не пользуются особой популярностью.

Форм-фактор ITX

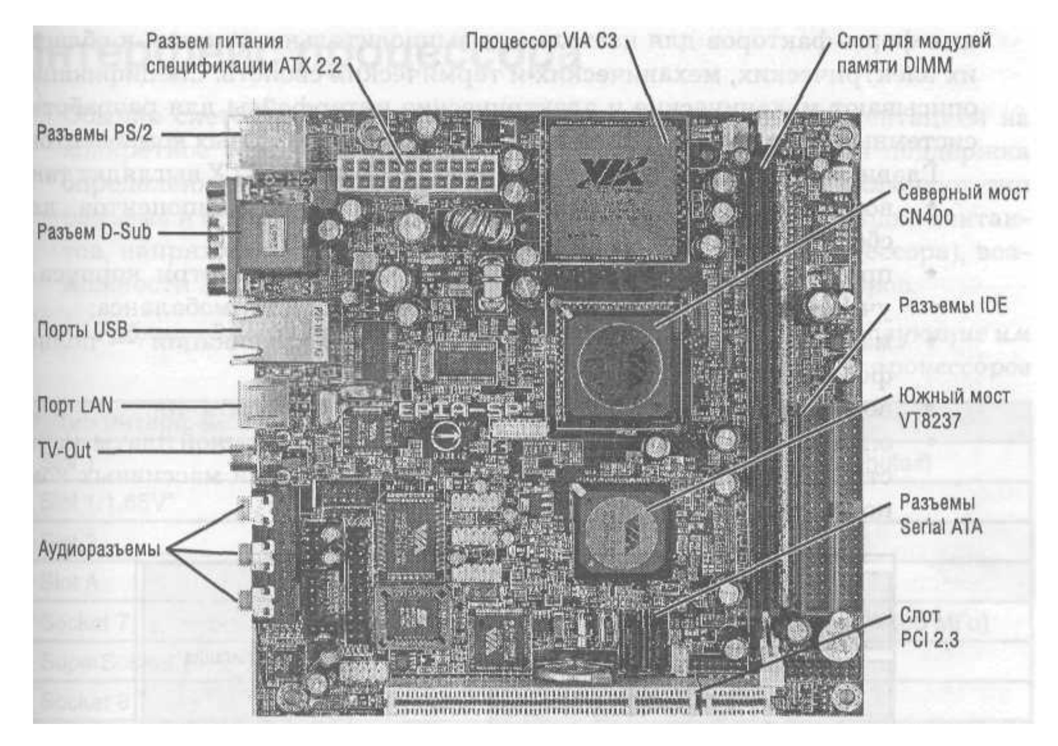
Компания *VIA* попыталась стать одним из законодателей мод в области форм-факторов материнских плат, предложив спецификацию *ITX (Internet Technology Extension).* Концепция форм-фактора создавалась под лозунгом *«Total Connectivity»,* что в узком смысле означает доступ к глобальной сети в любое время в любом месте для каждого пользователя. Форм-фактор *ITX* предлагает полноразмерные, малогабаритные и миниатюрные варианты исполнения системных плат. В соответствии со спецификациями *ITX* компания *VIA* выпускает несколько вариантов компактных платформ.

Платформа *EPIA M10000* имеет форм-фактор *Mini-ITX.* Используется чипсет *VIA Apollo CLE266* в связке с интегрированным в системную плату процессором *ESP (Nehemiah),* работающим на частоте 1 ГГц. Средний уровень шума системы в целом не превышает 50 дБА. Предусматривается установка до 1 Гбайт *DDR SDRAM* спецификации *PC2100.* На плате имеются встроенный 5.1-канальный кодек *VIA Vinyl Six-TRAC Audio (VIA VT1616),* порты *IEEE 1394 (VT6307S)* и *USB 2.0,* ТВ-выход *(VT6103)* и сетевой контроллер *10/100 Ethernet.*

Платформа *EPIA MII* отличается наличием встроенного интерфейса *CardBus/CF Type I/II* и интегрированного *LVDS*-трансивера.

У платформы *EPIA-CL* урезаны мультимедийные возможности, но установлено два контроллера *LAN.*

Платформа *VIA EPIA SP* форм-фактора *Mini-ITX* построена на базе чипсета *CN400.* Северный мост обладает интегрированным *2D/3D* графическим ядром *S3 Graphics UniChrome Pro IGP* с движком *Chromotion CE Video Display* и аппаратной *MPEG-2/MPEG-4* акселерацией. Возможна установка до 4 Гбайт памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200.* В связке с северным мостом используется южный мост *VT8237 с* интегрированным шестиканальным кодеком *VIA Six-TRAC.* Превосходный звук в сочетании с двумя портами *Serial ATA,* функцией *V-RAID (Serial RAID 0, RAID 1* и *RAID 0+1),* поддержкой восьми портов *USB 2.0, 10/100 Fast*



Платформа VIA Epia SP форм-фактора Mini-ITX

Ethernet MAC сделал платформу привлекательной основой для построения мультимедийных малогабаритных ПК.

В 2004 г. компания *VIA* представила платформу форм-фактора *nanoITX* под названием *EPIA-N*. На системной плате установлена миниатюрная версия процессоров *Eden-N* в корпусе *NanoBGA* с тактовыми частотами до 1 ГГц и чипсет *VIA CN400*. Память *DDR SDRAM* объемом до 1 Гбайт устанавливается в слоты *SO-DIMM*. Южный мост *VIA VT8237* обеспечивает поддержку интерфейсов *Serial ATA, UltraDMA IDE, USB 2.0, 10/100 Base-T LAN,* 6-канального звука *VIA Vinyl Six-TRAC*. Платформа *EPIA N* применяется для построения компактных настольных ПК, экономичных ноутбуков, автомобильных компьютеров.

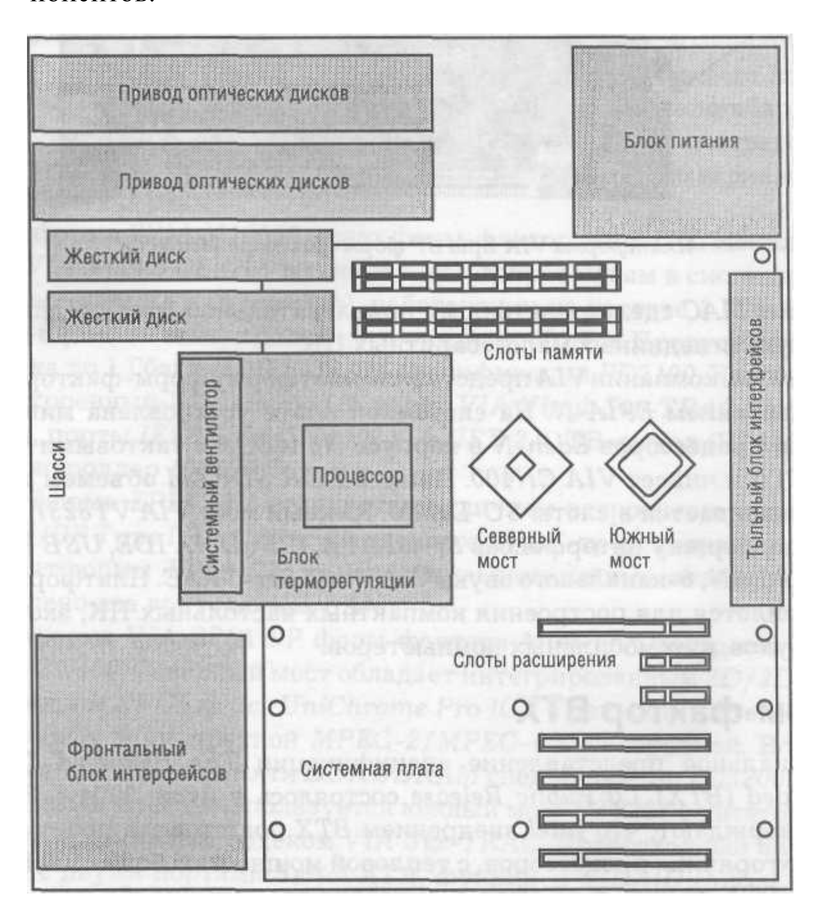
Форм-фактор BTX

Официальное представление спецификации *The Balanced Technology Extended (BTX) 1.0 Public Release* состоялось в июле 2004 г. Злые языки утверждают, что *Intel* внедрением *BTX* подготовила почву для своих «сверхгорячих» процессоров, с тепловой мощностью более 100 Вт. Назначение *BTX* официально сформулировано следующим образом: спецификации разработаны с целью стандартизации интерфейсов и определе-

ния форм-факторов для настольных вычислительных систем в области их электрических, механических и термических свойств. Спецификации описывают механические и электрические интерфейсы для разработки системных плат, шасси, блоков питания и других системных компонентов.

Главные преимущества форм-фактора *BTX* перед *ATX* выглядят так:

- возможность применения низкопрофильных компонентов для сборки миниатюрных систем;
- продуманное размещение элементов системы внутри корпуса с учетом путей прохождения потоков воздуха и термобаланса;
- масштабируемость в рамках доступных модификаций — полноформатного *BTX, microBTX, picoBTX;*
- возможность использования небольших блоков питания;
- оптимизированная конструкция крепления системной платы, качественные механические элементы для установки массивных компонентов.



Размещение компонентов платформы BTX в корпусе Tower

Интерфейс процессора

Обычно системный набор создается конструкторами с ориентацией на конкретное семейство процессоров. То есть обеспечивается поддержка определенного процессорного интерфейса. В это понятие включают тип разъема и системной шины, электрические параметры (разводка контактов, напряжение питания ядра и блоков ввода-вывода процессора), возможности *BIOS* по поддержке конкретных моделей процессоров.

Таблица 3. Типы процессорных интерфейсов и соответствующие им модели процессоров

Тип итерфейса	Модели процессоров
Slot 1	Intel Celeron, Intel Pentium II, Intel Pentium III (Deshutes)
Slot 1/1,65V*	Intel Pentium III (Coppermine)
Slot 2	Intel Xeon
Slot A	AMD Athlon
Socket 7	Intel Pentium MMX, AMD K6-2 (66 МГц), AMD K6-III (66 МГц)
SuperSocket 7	AMD K6-2 (100 МГц), AMD K6-III (100 МГц)
Socket 8	Intel Pentium Pro
Socket 370	Intel Pentium III (Coppermine), Intel Celeron, VIA C3
Socket 370 FC-PGA	Intel Pentium III (Tualatin), Intel Celeron, VIA C3
Socket A	AMD Duron, AMD Athlon, AMD Athlon XP, AMD Sempron
Socket 423	Intel Pentium 4 (Willamette), Intel Celeron
Socket 478	Intel Pentium 4 (Northwood), Intel Celeron
Socket 754	AMD Athlon 64 (Newcastle), AMD Sempron (Paris)
Socket 775	Intel Pentium 4 (Prescott), Intel Celeron-D
Socket 939	AMD Athlon 64 (Winchester), Athlon FX
Socket 940	AMD Opteron (SledgeHammer)

* Этот интерфейс выделен отдельно, так как стабилизаторы питания на ранних платах с разъемом Slot 1 не поддерживают напряжение 1,65В. Возможна установка на такие платы переходника Sloti—FC-PGA, позволяющего выдать пониженное напряжение, но надо учитывать, что поддержка процессора с ядром Coppermine должна обеспечиваться и в BIOS системной платы.

BIOS

Важным элементом системной платы является *BIOS (Basic Input/Output System* — базовая система ввода-вывода). Так называют аппаратно встро-

енное в компьютер программное обеспечение, которое доступно без обращения к диску. В микросхеме *BIOS* содержится программный код, необходимый для управления клавиатурой, видеокартой, дисками, портами и другими компонентами.

Обычно *BIOS* размещается в микросхеме ПЗУ *(ROM, Read-Only Memory),* расположенной на материнской плате компьютера (этот узел часто называют *ROM BIOS).* Такая технология позволяет обеспечить постоянную доступность *BIOS* независимо от работоспособности внешних по отношению к материнской плате компонентов (например, загрузочных дисков). Поскольку доступ к *RAM* (оперативной памяти) осуществляется значительно быстрее, чем к *ROM,* многие изготовители предусматривают при включении питания автоматическое копирование *BIOS* из *ROM* в оперативную память. Задействованная при этом область оперативной памяти называется теневым ПЗУ *(Shadow ROM).*

В микросхемах *BIOS* используют различные типы памяти для хранения программного кода. *PROM (Programmable Read-Only Memory)* — это тип памяти, данные в которую могут быть записаны только однократно. Отличие *PROM* от *ROM* в том, что *PROM* изначально производятся «чистыми», в тот время как в *ROM* данные заносятся в процессе производства. А для записи данных в микросхемы *PROM* применяют устройства, называемые программаторами.

EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory — стираемое программируемое ПЗУ) — специальный тип *PROM,* который может очищаться с использованием ультрафиолетовых лучей и перезаписываться. Память типа *EEPROM* похожа на *EPROM,* но операции стирания-записи производятся электрическими сигналами.

В настоящее время большинство современных материнских плат комплектуется микросхемами *Flash BIOS,* код в которых может перезаписываться при помощи специальной программы. Такой подход облегчает модернизацию *BIOS* при появлении новых компонентов, которым нужно обеспечить поддержку (например, новейших типов микросхем оперативной памяти). Так как львиная доля программного кода *BIOS* стандартизирована, то есть является одинаковой и обязательной для всех компьютеров *PC,* в принципе менять его нет особой необходимости. Перезапись *BIOS* — крайне ответственная и весьма непростая задача. Браться за нее следует только в самом крайнем случае, когда проблема не решается никакими другими способами. При этом надо ясно отдавать себе отчет в необходимости и последствиях каждого шага этой операции.

Современные типы *BIOS,* поддерживающие технологию *Plug-and-Play,* называют *PnP BIOS,* при этом поддержка такой архитектуры обеспечивается только микросхемами *Flash ROM.* Вообще полная поддержка технологии *Plug-and-Play* со стороны *Windows 9x* возможна только в случае применения *PnP BIOS.* Обычно это обстоятельство служит веским

основанием для принятия решения о перезаписи *BIOS*. Кроме вышеуказанного, в новых версиях *BIOS* часто исправляются мелкие ошибки и недоработки. Новые версии обычно содержат и новые возможности (загрузка с *CD-ROM,* выбор очередности загрузки с разных устройств и пр.).

Схемотехника системной платы

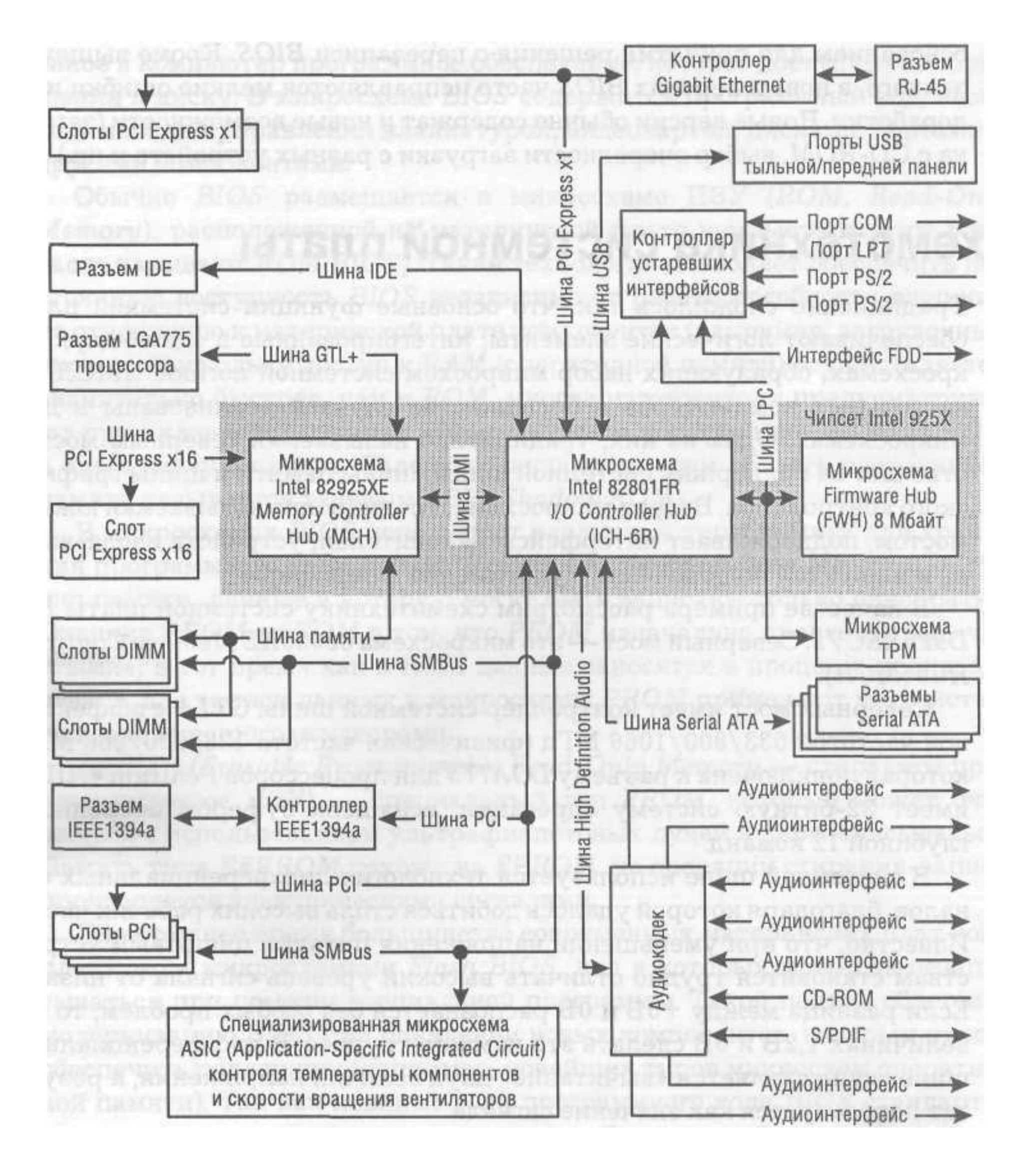
Традиционно сложилось так, что основные функции системной платы обеспечивают логические элементы, интегрированные в одной-двух микросхемах, образующих набор микросхем системной логики. НМСЛ для настольных компьютеров в большинстве случаев реализованы в двух микросхемах. Одна из них, традиционно называемая северным мостом, отвечает за поддержку системной шины, шины памяти и шины графического контроллера. Вторая микросхема, традиционно называемая южным мостом, поддерживает интерфейсы накопителей, устройств ввода-вывода и шины для подключения мультимедиа и периферии.

В качестве примера рассмотрим схемотехнику системной платы *Intel D925XECV2*. Северный мост — это микросхема *82925XE Memory Controller Hub (MCH).*

Северный мост имеет контроллер системной шины *GTL+* с эффективной частотой 533/800/1066 МГц (физическая частота 133/200/266 МГц), которая подключена к разъему *LGA775* для процессоров *Pentium 4*. Шина имеет 32-битную систему адресации, оснащена буфером очередности глубиной 12 команд.

В системной шине используется технология дифференциальных сигналов, благодаря которой удалось добиться столь высоких рабочих частот. Известно, что при уменьшении напряжения питания цифровым устройствам становится трудно отличать высокий уровень сигнала от низкого. Если разница между +5В и 0В распознается без особых проблем, то при величинах 1,2В и 0В сделать это намного труднее. В дифференциальной шине осуществляется «вычитание» двух величин напряжения, а результат используется как значение сигнала.

Процессоры *Pentium 4* используют системную шину *GTL+ (Gunning Transceiver Logic)* с технологией тактирования *Quad Pumped Bus*. Шина *GTL+* работает с двумя сигналами: *BCLK* и инверсным *BCLK#,* рассматривая тактовый импульс как разность между этими сигналами. Данные по шине передаются с эффективной частотой 533 МГц и более, при том, что частота синхронизации шины всего 133-266 МГц. Этот эффект достигается за счет сдвига стробов данных относительно друг друга на половину периода. Синхронизация шины данных осуществляется по фронту и спаду этих стробов. То есть получается, что за один такт шины на линиях данных сигнал выставляется четырежды.



Схемотехника системной платы

На шине *GTL+* используются полевые транзисторы с открытым стоком, поэтому для их работы необходимо, чтобы на концах сигнальных линий были установлены оконечные сопротивления (терминаторы). Терминаторы также нужны для предотвращения отражения сигнала. Часть линий шины имеет резисторы внутри процессора, в ядре, а часть на системной плате. У всех современных процессоров величина питающего напряжения считывается с самого процессора, и стабилизатор на системной плате обязан обеспечить требуемое значение.

Для того чтобы выбрать что-то из памяти, процессор выставляет запрос *BREQ0#,* и, получив через некоторое время шину в свое распоряжение, устанавливает сигнал *DBSY#,* чем запрещает доступ к шине данных. Затем процессор указывает адрес на линиях *HA[31:3]#* и тип транзакции на линиях *HREQ[4:0]#.* Потом он устанавливает сигнал *ADS#,* и начинается транзакция обращения к памяти по чтению. Контроллер памяти определяет тип транзакции, преобразует адрес в физические адреса на модулях памяти и обращается к памяти по шине *Memory bus.*

Когда данные получены из памяти и никаких ошибок не зафиксировано, контроллер памяти передает считанные данные на линии *D[63:0]#* и устанавливает сигнал *DRDY#.* Получив его, процессор считает данные на шине достоверными и принимает их с линий *HD[63:0]#.* После того как данные приняты, процессор снимает сигнал *DBSY#.* На этом транзакция завершается.

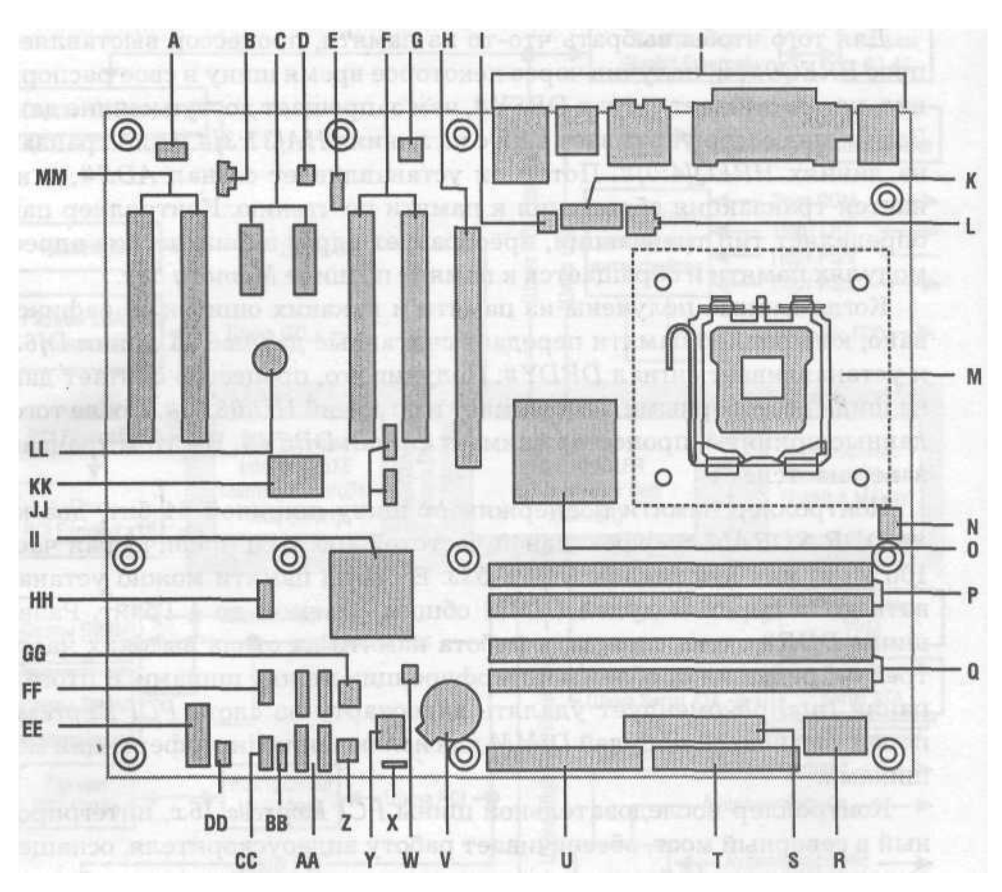
Контроллер памяти поддерживает шину шириной 64 бит, два канала *DDR SDRAM* с эффективной частотой 400 МГц (физическая частота 100 МГц) или два канала *DDR2-533.* В слоты памяти можно устанавливать до четырех модулей *DIMM* общим объемом до 4 Гбайт. Разводка шины *DDR2* очень сложна, а работа памяти на столь высоких частотах требует решения проблемы интерференции между шинами. В итоге компания *Intel* рекомендует удалять видеокарту из слота *PCI Express 16x* перед установкой модулей *DIMM* для исключения интерференции между шинами.

Контроллер последовательной шины *PCI Express 16x,* интегрированный в северный мост, обеспечивает работу видеоускорителя, оснащенного данным интерфейсом.

Южный мост *Intel 82801FR I/O Controller Hub (ICH6-R)* обеспечивает функционирование интерфейсов шин расширения, накопителей, ввода-вывода.

Северный мост *(MCH)* и южный мост *(ICH)* соединены шиной *Direct Media Interface (DMI).* В начальный момент инициализации системы эта шина рассматривается как магистраль *PCI #0.* Однако сама шина *PCI* физически подключена к *ICH.* После инициализации системы магистрали *PCI* инициализируются контроллером *PCI* программно, как *PCI_A, PCI_B* и так далее. Логически *MCH* содержит два устройства *PCI* (физически их не существует):

- устройство #0 логически рассматривается как хост *MCH*-контроллер памяти. Физически устройство #0 содержит стандартные регистры *PCI,* регистры памяти *DRAM* и другие специфические регистры *MCH;*
- устройство #1 логически рассматривается как виртуальный мост *PCI-PCI* на магистрали *PCI #0.* Физически устройство #1 содержит регистры моста *PCI-PCI.*



Пример монтажа компонентов на *системной плате*

A — разъем подключения дополнительного вентилятора; B — разъем подключения ATAPI CD-ROM; C — слоты расширения PCI Express x1; D — аудиокодек; E — разъем аудиоинтерфейсов передней панели; F — слоты расширения PCI версии 2.3; G — контроллер Marvel! Yukon 88E8050 PCI Express Gigabit Ethernet; H — слот расширения PCI Express x16; I — разъем подключения дополнительного вентилятора; J — блок тыльных разъемов интерфейсов; K— дополнительный разъем питания системной платы; L — разъем питания ATX12V; M — разъем процессора LGA775; N — разъем подключения процессорного вентилятора; 0 — северный мост Intel 82925XE MCH; P — слот модуля памяти DIMM Channel A; Q — слот модуля памяти DIMM Channel B; R — контроллер ввода-вывода; S — разъем питания ATX 2.3; T — разъем интерфейса FDD; U — разъем интерфейса IDE; V — аккумулятор питания BIOS; W — разъем датчика вскрытия корпуса; X — блок перемычек конфигурирования BIOS; Y — микросхема Firmware Hub (FWH); Z — разъем питания дополнительного вентилятора; AA — разъемы интерфейса Serial ATA; BB — разъем индикаторов LED передней панели; CC — разъем подключения кнопок Power и Reset передней панели; DD — разъем индикатора LED жесткого диска SCSI; EE — разъем питания внешних компонентов; FF — разъем подключения портов USB передней панели; GG — микросхема аппаратной защиты Trusted Platform Module (TPM); HH — разъем подключения портов USB передней панели; II — южный мост Intel 82801FR I/O Controller Hub (ICH6-R); JJ — разъем подключения порта IEEE-1394a передней панели; KK — контроллер IEEE-1394a; LL — системный динамик; MM — слоты расширения PCI версии 2.3

Южный мост *Intel 82801FR* содержит контроллеры интерфейсов:

- параллельной шины расширения *PCI;*
- последовательной шины расширения *PCI-Express 1x;*
- параллельной шины накопителей *Parallel ATA;*
- последовательной шины накопителей *Serial ATA;*
- последовательной шины для периферии *USB 2.0;*
- шины малопроизводительных портов *Low Pin Count (LPC);*
- шины высококачественного аудио *High Definition Audio Link (HDAL);*
- шины системного менеджмента *SMbus.*

Помимо микросхем набора системной логики разработчики комплектуют системные платы микросхемами узкой специализации для поддержки того или иного интерфейса. В частности, системная плата *Intel D925XECV2* дополнительно имеет:

- сетевой контроллер *Gigabyte Ethernet,* подключенный к шине *PCI Express;*
- контроллер ввода-вывода (для портов *RS-232, LPT, PS/2, FDD),* подключенный к шине *LPC;*
- микросхему *Firmware Hub* (содержит *BIOS* и аппаратные средства шифрования), подключенную к шине *LPC;*
- аудиокодек, подключенный к шине *HDAL;*
- контроллер *IEEE 1394 (FireWire),* подключенный к шине *PCI.*

Системная плата оснащена большим числом дискретных и аналоговых элементов, обеспечивающих электрическое и механическое подключение компонентов (разъемы, слоты, розетки, переключатели), стабильное электрическое питание (стабилизаторы, линии развязки), удобный монтаж на шасси корпуса. В целом системная плата представляет собой достаточно сложное схемотехнически, но технологичное изделие, производство которого сравнительно легко поддается автоматизации.

Краткая история чипсетов

Потенциальные возможности и эффективность компьютерной системы во многом определяются установленным на системной плате набором системных микросхем, часто называемым *ChipSet* (чипсет). Производителями чипсетов выступают несколько компаний:

- *Intel* выпускает НМСЛ только для своих процессоров;
- *VIA Technologies* (торговая марка *VIA)* выпускает НМСЛ для процессоров *Intel, AMD* и *VIA;*
- *Silicon Integrated System* (торговая марка *SiS)* выпускает НМСЛ для процессоров *Intel* и *AMD;*

- *ULi Electronics* (торговая марка *ULi)* выпускает НМСЛ для процессоров *Intel* и *AMD* (ранее фирма называлась *ALi* и чипсеты маркировались ее именем);
- *nVidia* (торговая марка *nForce)* выпускает НМСЛ для процессоров *AMD* и *Intel;*
- *ATI* (торговая марка Xpress) выпускает НМСЛ для процессоров *Intel* и *AMD.*

Чипсеты с интерфейсом Socket 7

Семейство Intel 430

Системные платы с НМСЛ семейства *Intel 430* выпускались по спецификациям *AT* и *ATX.* Чипсет *Intel 430TX* обеспечивает поддержку процессоров *Intel Pentium P54/P55, AMD K5/K6, Cyrix 6x86, IDT C6* с интерфейсом *Socket 7.* Системная шина выставляется на частоты 60 МГц, 66 МГц, 75 МГц, 83 МГц (два последних режима «не рекомендуются»), а в последних моделях — до 100 МГц. Возможна работа с модулями оперативной памяти *SIMM* (до четырех) и *DIMM* (до двух), максимальным объемом 256 Мбайт. При этом память свыше 64 Мбайт не кэшируется и отсутствует поддержка режима коррекции ошибок *(ECC).*

Кэш-память второго уровня типа *pipelined—burst* объемом до 512 Кбайт размещена на системной плате. Контроллер *IDE* поддерживает протокол обмена данными *Ultra DMA-33.* Имеются интерфейсы *USB* и *ACPI* с соответствующими разъемами и датчиками. *BIOS* обеспечивает загрузку с любого жесткого диска. Для разделения шин *ISA* и *PCI* используется мост *PCI-ISA Bridge.* Чипсет *430TX* стал последним набором для процессоров под конструктив *Socket 7* разработки *Intel.*

Характеристика чипсета *430TX:*

- типы *DRAM — SDRAM, EDO, FPM;*
- протокол *Ultra DMA-33;*
- *USB;*
- *Concurrent PCI (PCI 2.1);*
- *Dynamic Power Management Architecture (DPMA)* с поддержкой *Advanced Configuration and Power Interface (ACPI);*
- *SMbus - System Management Bus;*
- *PCI-ISA Bridge;*
- стандартные АТ-функции;
- микросхема *real-time clock (RTC);*
- порты *IDE (Master/Slave);*
- максимальный объем *L2 Cache* — 512 Кбайт *Pipelined Burst SRAM;*
- максимальный объем памяти *DRAM* — 256 Мбайт;
- максимальный объем кэшируемой памяти *DRAM* — 64 Мбайт;

- тип регенерации *DRAM — CAS before RAS;*
- максимальное число мастер-устройств *PCI* — 5.

Модификация *Intel 430VX* отличается от описанного выше набора поддержкой меньшего объема оперативной памяти (до 128 Мбайт). Другие параметры остались без изменений.

Модификация *Intel 430HX* в отличие от модификации ГХ поддерживает до 512 Мбайт оперативной памяти (при этом вся она кэшируется), но только в модулях *SIMM.* Присутствует режим коррекции ошибок *ECC.*

Семейство SiS 55xx

НМСЛ модели *SiS 5528* отличался от *Intel 430TX* лишь существенно более низкой ценой при той же функциональности. Поддерживает до 384 Мбайт оперативной памяти. Модификации *SiS 5591/5595* впервые в архитектуре НМСЛ этой фирмы получили интерфейс *AGP* и максимальный объем оперативной памяти до 768 Мбайт.

Семейство VIA Apollo VP

НМСЛ модели *VIA Apollo VP2* вышел позже *Intel 430TX* и потому несколько превосходит его по возможностям. В частности, поддерживается до 512 Мбайт полностью кэшируемой оперативной памяти, причем объем кэша достигает 2 Мбайт. Модификация *VIA Apollo VPX* в отличие от предыдущей модели официально поддерживает частоту системной шины до 75 МГц включительно. Модификация *VIA Apollo VP3* дополнительно (по сравнению с *VP2)* поддерживает модули памяти *DIMM SDRAM (VCM)* и интерфейс *AGP.* В модели *VIA Apollo MVP3* впервые обеспечена поддержка частоты системной шины 100 МГц. В остальном *MVP3* не отличается от модели *VP3.* В модификации *VIA Apollo MVP4* предусмотрена установка интегрированного графического адаптера с интерфейсом *AGP* и звуковой карты. Другие параметры совпадают с *MVP3.*

Чипсеты с интерфейсом Socket 8

Семейство Intel 450

Основным чипсетом с поддержкой процессоров *Pentium Pro* (до четырех на одной системной плате) под разъем *Socket 8* стал *Intel 450KX.* Специфическая архитектура двойной независимой шины для *Pentium Pro* позволила разделить собственно системную шину и шину кэш-памяти второго уровня, интегрированной на материнской плате. НМСЛ работает с модулями полностью кэшируемой памяти *SIMM* объемом до 256 Мбайт, обеспечивая коррекцию ошибок методом *ECC.* К сожалению, контроллер *IDE не* поддерживает протокол *Ultra DMA-33,* что влияет на быстродействие дисковой подсистемы. Для высокопроизводительных серверов был предназначен чипсет *Intel 450GX,* работающий с памятью объемом до 512 Мбайт.

Чипсеты с интерфейсами Slot 1, Socket 370

Семейство ALi Aladdin

НМСЛ модели *ALi Aladdin Pro II* включает северный мост на микросхеме *M1621* (контроллер *AGP,* поддерживающий режимы 1x и 2x, контроллер памяти и контроллер ввода-вывода, реализует 66-мегагерцовую шину *PCI)* и южный мост (мост *PCI-ISA,* контроллеры *ACPI, IDE, USB, PS/2* и порты *COM, LPT)* на микросхеме *M1533/M1543.* Отличительной особенностью чипсетов от *ALi* является сравнительно быстрый обмен с памятью. В наборе *Aladdin Pro II* используются различные методы ускорения работы с памятью и разгрузки системной шины. В частности, применяется так называемый конвейерный цикл обращения к памяти, когда периодическая регенерация данных в ней выполняется во время циклов ожидания.

Модификация *ALi Aladdin TNT 2* имеет встроенный графический *AGP*-контроллер на базе *nVidia Riva TNT2.* Остальные функции остались на уровне предыдущего чипсета. Поддерживаются интерфейсы *IDE UDMA-66, USB, AMR, AC'97* и прочие обязательные шины.

Модификация *ALi Aladdin Pro 5 (5T)* предназначена для процессоров *Intel* с интерфейсом *Socket 370 FC-PGA* (модификация *5T* поддерживает процессоры с ядром *Tualatin* с интерфейсом *Socket 370 FC-PGA2).* НМСЛ имеет полный «джентльменский» набор поддерживаемых интерфейсов: *AGP4x, ATA-100, USB* (6 портов), *CNR, AC'97.*

Семейство Intel 440

Первым НМСЛ, поддерживающим интерфейс *Slot 1,* стал *Intel 440FX.* Максимальный объем поддерживаемой памяти типа *SIMM* составляет 512 Мбайт. Тактовые частоты системной шины — 60/66 МГц. Выпускались платы только спецификации *ATX.* Поддержка протокола *UltraDMA-33* отсутствует.

Реальная поддержка новых по тем временам интерфейсов и компонентов появилась в чипсете *Intel 440LX AGPset.* Обеспечена работа шины *AGP,* возможна установка звуковых карт на шине *PCI,* до двух процессоров на одной системной плате. Частота системной шины — до 83 МГц. Максимальный объем устанавливаемой памяти в модулях *DIMM* — 512 Мбайт. Введена поддержка протокола *UltraDMA—33,* интерфейса *USB.*

Набор представляет собой первую попытку оптимизации архитектуры, получившей название «четырехпортовой» *(QPA — Quad Port Architecture).* К числу основных компонентов микросхемы *QPA* (северный мост — здесь «мостостроительный» термин появился впервые) относятся:

- интерфейс *AGP (Direct Connect AGP);*
- система динамического распределенного арбитража *(Dynamic Distributed Arbitration)* системной шины *FSB;*

- средства многопоточного доступа к памяти *(Multistream Memory Access);*
- мост с шиной *PCI.*

Помимо наличия *QPA,* набор *440LX AGPset* обладал рядом новых функций и характеристик: поддержка *ACPI,* технологии *Plug-and-Play,* протокола *Ultra DMA-33.* Сам набор *Intel 440LX AGPset* состоит из двух микросхем: контроллера *PCIAGP Controller (PAC)* в корпусе типа *4 92BGA* (северный мост) и микросхемы «ускорителя» *PCI, ISA, IDE Xelerator (PIIX4)* в корпусе типа *324BGA* (южный мост).

Характеристика чипсета *440LX:*

- поддержка одного или двух процессоров семейства *Pentium-II;*
- частота шины *AGP* до 133 МГц;
- 64/72-битный интерфейс системной памяти, поддерживающий *SDRAM;*
- аппаратный контроль ошибок *(ECC);*
- 32-битный интерфейс *PCI2.1;*
- поддержка 64-битной спецификации системной шины *GTL+;*
- буферизация всех интерфейсов для повышения пропускной способности.

Контроллер системной памяти:

- поддержка *EDO* и *SDRAM;* ; .
- оптимизация для *SDRAM;*
- поддержка от 8 Мбайт до 512 Мбайт системной памяти;
- симметричная и асимметричная адресация;
- поддержка однобанковых и двухбанковых модулей *DIMM;*
- для асинхронных операций время доступа 50 не и 60, не, для, синхронной *SDRAM* частота до 66 МГц.

Контроллер ввода/вывода *PIIX4:*

- совместимость со спецификацией *PCI 2.1;*
- поддержка спецификаций *ACPI* и *AC'97;*
- DMA-контроллер;
- поддержка двух портов *USB;*
- поддержка модулей *DIMM* со стороны *SMB (System Managment Bus);*
- интегрированный ЛХЕ-контроллер с поддержкой *Ultra DMAS3.*

Классическим НМСЛ для процессоров *Pentium II/III* (с ядром *Deschutes)* стал *Intel 440BX.* Впервые была обеспечена частота системной шины 100 МГц, что позволило существенно поднять скорость обмена с памятью. Чипсет позволяет устанавливать до 512 Мбайт памяти в модулях *DIMM* или до 1024 Мбайт в модулях *SIMM,* обеспечивая коррекцию ошибок по протоколу *ECC.* Для шины *PCI* установлена частота 33 МГц. Многие производители системных плат на чипсете *440BX* предлагали выбор частот системной шины от *66* МГц до 133 МГц.

Характеристика чипсета *Intel 82440BX AGPSet:*

- поддержка всех *Slot 1* процессоров *Pentium II/III;*
- поддержка двух процессоров методом *SMP;*
- до 512 Мбайт *SDRAM* или 1024 Мбайт *EDO RAM;*
- 64-битная шина памяти;
- поддержка *ECC;*
- южный мост *PIIX4 (82371AB);*
- поддержка протокола *Bus Mastering;*
- поддержка *UltraDMA-33,* работа в режимах *PIO Mode* 5, *DMA Mode 3;*
- поддерживаются 30/33 МГц на шине *PCI;*
- соответствие спецификации *PCI 2.1;*
- поддерживаются *AGP* режимы *1x/2x;*
- поддержка *USB;*
- поддерживаемые частоты системной шины 66/100 МГц.

Системные платы на базе *440BX* отличаются высокой стабильностью в работе. Сам системный набор характеризуется высокими показателями при работе с памятью, превосходя по пропускной способности продукцию других фирм.

Модификация *Intel 440EX* — практически полный аналог *440LX,* за исключением сниженного (до 256 Мбайт) объема поддерживаемой оперативной памяти.

Модификация *Intel 440ZX* (ZX66) — НМСЛ с «урезанными» функциями *BX.* В частности, нет поддержки двухпроцессорной конфигурации, память до 256 Мбайт, частота системной шины в варианте *ZX66* не выше 66 МГц. В общем — дешевое решение под процессор *Celeron.*

Семейство Intel 815

Наследником популярного чипсета *440BX* в массовом сегменте рынка стало семейство *Intel 815* (модификации *815E, 815EP, 815 Step B),* поддерживающее процессоры *Pentium III Socket 370.* Архитектура системного набора *Intel 815 в* принципе аналогична *Intel 820,* за некоторыми исключениями. Во-первых, северный мост *Intel 82815 Graphics and Memory Controller Hub (GMCH)* имеет контроллер памяти типа *SDRAM* (при частоте шины до 133 МГц) напрямую, без переходного моста. Во-вторых, отсутствует поддержка многопроцессорных конфигураций. В-третьих, используется южный мост *ICH2 (I/O Controller Hub) Intel 82801BA,* имеющий расширенные возможности. Микросхема *Firmware Hub (FWH)* осталась практически без изменений.

Встроенный графический контроллер *Intel 740* аналогичен таковому в чипсете *Intel 810.* Это означает, что его применение ограничивается областью офисных приложений. Тем более, что собственной локальной памяти (в отличие от *Intel 810)* он не имеет. При необходимости предлагается

устанавливать дополнительную видеопамять в слот *AGP*. Такой модуль получил название *Graphics Performance Accelerator (GPA)*.

Контроллер памяти северного моста поддерживает только шесть банков памяти, то есть три модуля *DIMM*. Однако максимальное число модулей может работать только на частоте 100 МГц. Если же повысить частоту до 133 МГц, то возможна одновременная работа лишь двух модулей. Причем *GMCH* самостоятельно переводит шину памяти в режим 100 МГц, если обнаруживает пятый банк памяти.

Шина памяти может работать асинхронно с *FSB*. Вместе с тем и здесь существуют ограничения. В частности, при работе *FSB* на частотах 66 МГц или 100 МГц шина памяти работает только на частоте 100 МГц. При частоте *FSB* 133 МГц память может функционировать на частотах 100 МГЦ или 133 МГц. Не поддерживается протокол коррекции ошибок *ECC*, что практически исключило использование *Intel 815 в* критичных по надежности конфигурациях.

Модификации системных наборов *815n815E* отличаются микросхемами *ICH*. В первом случае применяется *Intel 82801AA*, во втором — *Intel 82801BA (ICH2)*. В модификации *815EP* отключен встроенный графический ускоритель. Для процессоров *Pentium III* с ядром *Tualatin* и *Coppermine-T* предназначена модификация *815 Step B*, которая может иметь буквенные индексы, аналогичные обозначениям предыдущих моделей.

На все модификации с индексом *E, EP* устанавливается контроллер ввода-вывода *ICH2* марки *82801BA*. Он обеспечивает поддержку протокола *ATA-100* (режим *UDMA-5)*, а также имеет встроенный контроллер сетевых интерфейсов *Ethernet 10/100 и Home PNA*. Кроме того, *ICH2* управляет интерфейсом *Communication and Networking Riser (CNR)*, пришедшим на смену *AMR*. Наконец, каналы ввода-вывода интерфейса *USB* расширены до четырех портов (то есть имеются два хост-контроллера).

В остальном возможности чипсетов практически идентичны:

- поддержка интерфейса *PCI* спецификации 2.2 (33 МГц, 32 бит) с подключением до шести слотов расширения;
- расширенное управление питанием *(Advanced Power Management);*
- поддержка шины *SMBus;*
- поддержка стандартных интерфейсов ввода-вывода;
- поддержка интерфейса *LPC (Low Pin Count* — шина доступа к малоразрядным устройствам), то есть портов *COM, LPT, PS/2, FDD;*
- поддержка интерфейса *FWH*.

Производители системных плат зачастую устанавливали мост *PCI-ISA*, подключали интерфейсы *IEEE1394, SCSI* и другие.

Отдельно отметим генератор случайных чисел *(Random Number Generator — RNG)*, входящий в состав *FWH*. Дело в том, что для шифрования данных широко применяются случайные числа, обычно генерируемые программными средствами, то есть псевдослучайно. Это приводит

к опасности вскрытия кода, если известен алгоритм работы программы. *RNG* генерирует случайные числа на основе измерения мгновенной величины тока утечки (шума) на системной плате. Величина эта в принципе непредсказуема и потому может служить основой для надежного шифрования данных.

Лучшей версией для домашнего компьютера стал НМСЛ *Intel 815EP Step B,* рассчитанный на поддержку процессоров *Pentium III* (с ядром *Tualatin),* выполненных по технологическим нормам 0,13 мкм, с интерфейсом *Socket 370 FC-PGA2.* В системной шине для *Tualatin* используется уровень напряжения 1,25 В.

Для защиты от «запуска» 0,13 мкм процессоров на прежних наборах системной логики введена специальная цепь, постоянно подающая на процессор сигнал сброса, если *GMCH* имеет степпинг ниже *BO. Intel 815 Step B* не совместим с более ранними версиями *Intel 815* прежде всего по системной шине. Поэтому процессоры с ядром *Tualatin* нельзя запустить на прежних чипсетах. А процессоры с ядром *Coppermine* не способны работать на чипсетах *Intel 815 со* степпингом В.

Семейство SiS 5600

НМСЛ семейства *SiS 5600* состоит из микросхемы 5600 (северный мост), поддерживающей до 1,5 Гбайт оперативной памяти, четыре *PCI*-устройства и шину *AGP2x.* Южный мост на микросхеме 5595, кроме базовых функций *(ACPI, USB,* порты ввода-вывода) и интегрированного таймера реального времени, имеет встроенный модуль мониторинга системы, получающий информацию от пяти аналоговых датчиков напряжения, двух датчиков оборотов вентиляторов охлаждения и одного термодатчика.

Семейство SiS 620/630

НМСЛ семейства *SiS 620/630* считались удачным решением для недорогих систем, так как имеют встроенный графический контроллер, сетевой контроллер *10/100 Ethernet,* поддерживает до пяти портов *USB* и другие интерфейсы.

Северный мост *SiS620* содержит встроенный *2D/3D* графический контроллер разрядностью 64 бит, аппаратный декодер видео формата *DVD* и цифровой выход *DVI* для жидкокристаллических мониторов. Южный мост *SiS960* помимо стандартных интерфейсов *(IDE, USB, COM, LPT, FDD)* имеет встроенный контроллер *Ehternet 10/100,* модем 56 Кбит/с, аудиоконтроллер с поддержкой *3D*-звука.

Системный набор *SiS630* отличается тем, что в северный мост упакована масса всевозможных средств и интерфейсов. В частности, 128-битный графический *2D/3D*-контроллер, контроллер *Ethernet 10/100* и сети *PNA,* интерфейсы *USB* (пять портов), *PCI, IDE,* кодек *AC'97* и прочие средства. Южный мост на микросхеме *SiS950* занимается в основном функциями

ввода-вывода и обеспечивает поддержку моста *PCI-ISA,* а также позволяет контролировать напряжения питания процессора и системной платы, работу датчиков температуры, скорость вращения вентиляторов охлаждения.

Семейство SiS 633/635

НМСЛ семейства *SiS 633* отличаются интегрированным в одной микросхеме полным набором системной логики. Поддерживаются интерфейсы *AGP4x, ATA-100,* 6 портов *USB, AC97.* Модификация с индексом Т предназначена для *Pentium III* с ядром *Tualatin.* Развитием архитектуры стали НМСЛ семейства *SiS 635/635T,* которые практически полностью аналогичны модели *633,* за исключением одновременной поддержки двух типов памяти: *SDRAM* и *DDR SDRAM* — и наличия встроенного графического ядра. Также предусмотрен отдельный слот *AGP4x,* что позволяет установить внешнюю видеокарту.

Семейство VIA Apollo Pro

НМСЛ семейства *VIA Apollo Pro* относятся ко второму поколению чипсетов линии *Apollo P6.* Комплект *Apollo Pro* состоит из микросхемы *VT82C691* (северный мост), обеспечивающей синхронное или асинхронное функционирование шин памяти, *AGP, PCI;* и микросхемы *VT82C596* (южный мост), позволяющей кроме базовых функций ввода-вывода *(ACPI, USB,* порты) реализовать протокол *UltraDMA-66.* Южный мост совместим по выводам с микросхемой *Intel PIIX4E 82371EB.*

Модификация *VIA Apollo Pro 133 (133A)* имеет традиционную архитектуру. Северный мост выполнен на микросхеме *VT82C693A,* южный — на микросхеме *VT82C686A.* Вариант *133A* отличается поддержкой интерфейса *AGP4x* и имеет другую микросхему северного моста — *VT82C694X.*

Характеристика чипсета *VIA Apollo Pro 133 (133A):*

- поддержка всех модификаций процессоров *Pentium II/III, Celeron;*
- поддержка до 133 МГц на системной шине;
- возможность установки независимой частоты на шине памяти с дискретностью 33 МГц относительно системной шины;
- поддержка памяти типа *SDRAM* и *VCM SDRAM;*
- протокол коррекции ошибок *ECC;*
- до 1,5 Гбайт устанавливаемой памяти, в том числе смешанного типа;
- поддержка интерфейса *AGP4x;*
- поддержка спецификаций управления питанием *ACPI* и *APM;*
- поддержка интерфейса *PCI 2.2* (33 МГц, 32 бит, до пяти *PCI-Bus Master* устройств);
- поддержка *UltraDMA-66;*
- интерфейс *USB 1.1,* четыре порта;

- поддержка интерфейса *AC'97 2.1* (аудиомодемный кодек, до пяти *Bus-Master* устройств);
- поддержка шины *SMBus.*

Семейство имеет множество модификаций, последней из которых является *Pro 133T,* предназначенная для процессоров *Intel Pentium IIIc* ядром *Tualatin* (интерфейс *Socket 370 FC-PGA2).* Среди прочих модификаций отметим:

- *PM133* со встроенным графическим ускорителем (ядро *Savage 4* для трехмерной графики и *Savage 2000* для двухмерной). Кроме того, предусмотрен внешний *AGP4x* интерфейс;
- *PL133* со встроенным графическим ускорителем *Savage 4;*
- *PLE133* со встроенным графическим ускорителем *Trident Blade 3D.*

В чипсете *VIA Apollo Pro266* была впервые реализована новая для фирмы *VIA* архитектура. Для связи микросхем мостов используется специальная шина *V-Link,* работающая на частоте 266 МГц. НМСЛ поддерживает память типа *DDR SDRAM* спецификаций *PC1600/2100,* а также память *SDRAM.* В остальном функциональность чипсета схожа с продуктами конкурентов: *AGP4x, ATA-100, USB 2.0, PCI 2.2,* встроенный контроллер *10/100 Ethernet.*

Важным этапом в развитии семейства *VIA Apollo Pro* стала разработка чипсета *VIA PN266T (Twister-T DDR)* с интегрированной графикой *S3 ProSavageST.* Рассчитанный на установку процессоров *Pentium III* и *C3T* с интерфейсом *Socket 370,* НМСЛ поддерживал частоту системной шины до 133 МГц и модули памяти спецификации *DDR266 (PC2100).*

Чипсеты с интерфейсом Slot 2

Intel 440GX

НМСЛ *Intel 440GX* предназначен для создания рабочих станций. Как и остальные НМСЛ семейства *Intel 440,* этот чипсет состоит из двух микросхем: модификации микросхемы *PIIX4 (PCI ISA IDE Xcelerator 4)* и ядра *GX (82443GX Host Bridge/Controller).* Ядро *GX* имеет четырехпортовую архитектуру *QPA (Quad Port Architecture)* и представляет собой коммутатор между четырьмя интерфейсами: *AGP, PCI, FSB* и шиной памяти.

Чипсет поддерживает процессоры *Intel Xeon* с интерфейсом *Slot 2* при частоте системной шины 100 МГц. Обеспечивает поддержку отложенных транзакций и *SMP* для двух процессоров. На шине *AGP* поддерживаются режимы *1x* и *2x.* Спецификации шины *PCI* версии 2.1 (32 бит, 33 МГц). Контроллер памяти поддерживает до 8 банков памяти *SDRAM* спецификации *PC100* (4 разъема 16-, 64-, 128- и 256-мегабайтные модули *DIMM).* Всего до 2 Гбайт памяти с поддержкой протокола коррекции ошибок *(ECC - Error Correction Codes).*

Intel 450NX

НМСЛ *Intel 450NX* имеет оригинальную архитектуру, нацеленную на достижение максимальной производительности в конфигурации с несколькими процессорами. Основные характеристики вполне под стать назначению этого чипсета:

- поддержка до четырех (с применением специальных расширителей — до восьми) процессоров *Xeon* с интерфейсом *Slot* 2;
- поддержка полной 36-битной адресации;
- до 8 Гбайт памяти, модулей *DIMM* с временем доступа 50 нс или 60 нс, 16- и 64-мегабитные чипы, память устанавливается блоками по 64 Мбайт;
- чередование обращений к модулям памяти с четырьмя банками;
- до четырех шин *PCI* 32 бит, 33 МГц или до двух шин *PCI* 64 бит;
- до шести мастер-устройств и до десяти карт расширения на каждой шине *PCI;*
- реальная масштабируемость производительности по числу процессоров (производительность возрастает до 3,5 раз при четырех процессорах);
- протокол коррекции ошибок *(ECC)* на шине памяти и *FSB;*
- диагностика ошибок *(Parity)* по всем сигналам *PCI,*
- упреждающий выбор данных при чтении из памяти.

Чипсеты с интерфейсом Socket 423/478

Семейство Intel 810/820

Системный набор *Intel 810(810E)* ориентирован на компьютеры начального уровня. Отличается встроенным в северный мост графическим *AGP* контроллером (улучшенный вариант видеоадаптера *Intel740).* Максимальный объем оперативной памяти — 512 Мбайт. Контроллер *IDE* в микросхеме южного моста поддерживает протокол *UltraDMA-66.*

Более развитый НМСЛ *Intel 820* имеет хабовую архитектуру и состоит их трех базовых микросхем. *Intel8280 MCH (Memory Controller Hub)* включает:

- контроллер системной шины с поддержкой частот 100/133 МГц;
- контроллер памяти *Direct Rambus DRAM;*
- контроллер шины *AGP;*
- контроллер шины чипсета.

Intel 82801AA ICH (I/O Controller Hub) включает:

- контроллер шины *PCI;*
- контроллер *IDE;*
- контроллер *USB;*
- контроллер *AC'97;*

- контроллер прерываний;
- контроллер прямого доступа к памяти *(DMA);*
- контроллер таймера;
- контроллер шины управления системой *(SMBus).*

Шиной *Firmware Hub Interface* хаб *ICH* соединен с микросхемой *Intel82802 FWH (FirmWare Hub).* Последняя включает микросхему флэш-памяти объемом 4 Мбайт или 8 Мбайт, с зашитым *BIOS.* Расположенный в микросхеме генератор случайных чисел предназначен для обеспечения безопасности системы на аппаратном и программном уровне.

К базовому системному набору дополнительно могут подключаться микросхемы *Intel82805AA (Memory Translator Hub — MTH)* и *Intel80380AB* (мост *PCI-ISA*). Микросхема *MTH* предназначена для обеспечения совместимости с памятью типа *SDRAM,* то есть выполняет функции переходника между *MCH* и модулями *DIMM.* Следует иметь в виду, что трансляция команд требует дополнительного времени, поэтому системные наборы *Intel 820* с *MTH* уступают по производительности подсистемы памяти даже предыдущему поколению *Intel 440BX.*

Характеристика чипсета *Intel 820:*

- поддержка всех модификаций процессоров *Pentium II/III, Celeron;*
- возможность установки двух процессоров, поддержка *SMP;*
- один канал *Direct Rambus* с поддержкой модулей *RIMM* на частотах 266/300/356/400 МГц;
- протокол коррекции ошибок *ECC;*
- до 1 Гбайт устанавливаемой памяти *DR DRAM,* до 512 Мбайт памяти *SDRAM;*
- рабочие частоты 100/133 МГц на системной шине и шине памяти. При использовании *MTH* частота шины памяти только 100 МГц;
- поддержка интерфейса *AGP4x;*
- поддержка интерфейсов управления питанием *ACPI* и *APM;*
- поддержка интерфейса *PCI 2.2.* (33 МГц, 32 бит, до шести *PCI-Bus Master* устройств);
- поддержка *UltraDMA-66;*
- интерфейс *USB 1.1,* два порта;
- поддержка интерфейса *AC'97 2.1.* (аудиомодемный кодек, до пяти *Bus-Master* устройств);
- поддержка шифрования посредством генератора случайных чисел.

Семейство SiS 645

Чипсет *SiS 645DX* в момент выхода на рынок был самым развитым по функциональности — системная шина 533 МГц, поддержка *DDR333 (PC2700) SDRAM,* интерфейсы *AC'97 2.2* (для шестиканальных кодеков) и

ATA-133. На бумаге *SiS 645DX* выглядел явным лидером. Однако поддержка, к примеру, спецификации памяти *DDR333* позволяла *SiS 645DX* лишь не уступать в производительности *i845B0* в комплекте с *DDR266.* Несмотря на это, системные платы на *645DX* продавались неплохо. Основной их козырь — вполне достаточную производительность при гораздо меньшей, чем у конкурентов, цене — действительно было трудно побить.

Семейство VIA P4X266

Единственным реальным конкурентом фирмы *Intel* в области наборов системной логики для *Pentium 4* на массовой платформе стал НМСЛ *VIA P4X266.* В опасении потерять рынок для чипсета 845, корпорация *Intel* инициировала судебное разбирательство против *VIA,* обвиняя ее в незаконном использовании патентов. Однако *VIA* не испугалась и ответила встречным иском, продолжая выпуск небольших партий *P4X266.* Юридические разборки не позволили сделать *P4X266* самым массовым продуктом для платформ на базе *Pentium 4,* хотя технические предпосылки для этого были налицо.

Чипсет *P4X266* включает северный мост *VT8753,* который, в отличие от *Intel 845A,* поддерживает как память *SDRAM* (спецификации *PC133),* так и память *DDR SDRAM* спецификации *PC2100.* Кроме того, применен отдельный контроллер *VPX-64* для поддержки 64-битного интерфейса шины *PCI.* Эквивалентная частота системной шины увеличена до 400 МГц (физическая частота 100 МГц). В духе технической политики *VIA,* выбор между *DDR SDRAM (PC1600/PC2100)* и *PC100/133 SDRAM* предоставлен пользователю, который сам решает, что ему на данный момент выгоднее. Общий объем поддерживаемой памяти достигает 4 Гбайт.

Южный мост *VT8233* соединен с северным посредством шины *V-Link,* чья пропускная способность достигает 266 Мбайт/с. *VT8233* включает контроллер шины *PCI,* контроллер *IDE (ATA-100),* хост-адаптер *USB* (6 портов), аудикодек *AC'97* спецификации 2.2 (поддержка *Dolby Digital 5.1* и цифрового интерфейса *SP/DIF),* сетевой контроллер *Ethernet 10/100* и *Home PNA.* Интерфейс *CNR* заменен на более совершенный *ACR (Advanced Communications Riser).*

Версия южного моста *VT8233C* имеет сетевой контроллер известного производителя коммуникационного оборудования, фирмы *3Com.* Как всегда, *VIA* на базе основного чипсета разработала целую линейку продуктов. Например, модификация *P4M266* имеет встроенное в северный мост графическое ядро *Savage 4,* использующее архитектуру общей памяти *UMA.* Благодаря использованию памяти *DDR SDRAM,* чипсет *P4M266* превосходит все предыдущие модели по эффективности встроенного графического ускорителя примерно на 40%.

Таблица 4. Характеристика чипсета VIA P4X333

Семейство	VIA P4X333
Северный мост (МСН)	VT8753
Южный мост (ЮН)	VT8233/8233C
Процессоры	Intel Pentium 4, (Socket 423, Socket 478) Celeron
Шина между мостами чипсета	VIA V-Link, 266 Мбайт/с
Частота FSB, МГц	400
Частота памяти, МГц	100-133,200-266
Типы памяти	DDR SDRAM
Максимальный объем ОЗУ	4 Гбайт
Максимальный режим AGP	4x
Слоты BusMaster PCI	6
Режимы IDE/ATA	33/66/100
Порты USB	3/6
Версия AC'97	v2.2

По мере развертывания производства новых модификаций памяти *DDR,* фирма *VIA* выпускала очередные модели чипсетов, в частности *P4X333,* который поддерживает память *DDR SDRAM,* работающую на эквивалентной частоте 333 МГц. В этом же чипсете произошло внедрение интерфейса *2xV-Link* (физическая частота 133 МГц) с пропускной способностью 533 Мбайт/с и спецификации шины *AGP8x* для видеоконтроллеров.

Кроме того, *P4X333* поддерживает интерфейсы *USB 2.0* и *IEEE1394,* аудиокодек *AC'97* версии 2.2, модемы стандарта *xDSL, V.90,* сетевые контроллеры *Ethernet.* Естественно, что появился и вариант *P4M333,* имеющий встроенное графическое ядро *UltraSavage* с геометрическим процессором *T&L.*

Чипсеты с интерфейсом Slot A, Socket A

Семейство AMD750/760

Фирма *AMD* выпускала НМСЛ для процессоров *Athlon* в качестве «прикормки» для независимых разработчиков. Поэтому ее чипсеты обладали лишь базовой функциональностью. Например, чипсет *AMD 750* имеет многие черты традиционной «мостовой» архитектуры, выполнен на двух микросхемах — системного контроллера и контроллера периферийных интерфейсов. Системный контроллер *AMD 751* включает контроллер си-

стемной шины, контроллер шины памяти, контроллер интерфейса *AGP,* контроллер интерфейса *PCI. AMD 751* соединен шиной *PCI* с микросхемой *AMD 756,* которая включает: контроллер интерфейса *USB;* контроллер интерфейса *IDE;* контроллер интерфейса *ISA;* мост *PCI-ISA.*

Системная шина с тактовой частотой 100 МГц обеспечивает обмен данными по обоим фронтам сигнала (результирующая частота — 200 МГц). Поддерживает работу процессора *Athlon* и состоит из трех независимых каналов: *Processor Request Channel* и *System Probe Channel* (каждый шириной по 13 бит), собственно канала передачи данных шириной 72 бита (64 бит данных + 8 бит ECC). Пиковая пропускная способность шины достигает 1,6 Гбайт в секунду.

Шина памяти с тактовой частотой 100 МГц также имеет ширину 72 бит. Прочие микросхемы системного набора относятся к стандартным: *BIOS,* контроллер портов ввода-вывода *1394A,* сетевой адаптер.

Характеристика чипсета *AMD 750:*

- поддержка всех модификаций процессоров *Athlon;*
- поддержка 200 МГц на системной шине и 100 МГц на шине памяти;
- поддержка памяти типа *SDRAM* спецификации *PC 100;*
- протокол коррекции ошибок *ECC;*
- до 768 Мбайт устанавливаемой памяти в три разъема *DIMM;*
- поддержка интерфейса *AGP2x;*
- поддержка управления питанием *ACPI* и *APM;*
- поддержка интерфейса *PCI 2.2* (33 МГц, 32 бит, до шести *PCI-Bus Master* устройств);
- поддержка *UltraDMA-66,* до четырех IDE-устройств;
- интерфейс *USB 1.1,* четыре порта.

НМСЛ модификации *AMD 760* состоит из северного моста *AMD 761 System Controller* (системный контроллер) и южного моста *AMD 766 Peripheral Bus Controller* (контроллер периферийных интерфейсов). Северный мост *AMD 761* состоит из контроллера системной шины процессора *Athlon,* контроллера памяти, контроллеров *AGPix* и *PCI.* Северный мост поддерживает до 2 Гбайт памяти типа *DDR SDRAM,* спецификаций *PC1600/PC2100.* В случае применения модулей *Registered DDR SDRAM* обеспечивается поддержка до 4 Гбайт. Объясняется такое различие тем, что обычные модули *DDR SDRAM* могут устанавливаться только в два слота, а *Registered DDR SDRAM* можно устанавливать в четыре слота. Модификация чипсета с маркой *760MP* наконец-то стала поддерживать многопроцессорные конфигурации платформ.

Хотя чипсет поддерживает как 200 МГц, так 266 МГц на системной шине, допускается исключительно синхронное взаимодействие памяти и процессора: с процессором, имеющим 200 МГц шину, возможно использование модулей памяти только спецификации *PC1600,* даже если она реально имеет маркировку *PC2100.* И наоборот: имея в системе модули

спецификации *PC1600,* не заставишь работать процессор на 266-мегагерцовой шине. Вряд ли создание асинхронного чипсета для инженеров *AMD* стало непреодолимой проблемой. Скорее, задержки на синхронизацию сигналов и неизбежное влияние 200-мегагерцовой шины на производительность связки «процессор + память» столь велики, что применение на любом из двух участков 266-мегагерцовой шины не дает никакого прироста относительно 200 МГц синхронного режима, и, в итоге, асинхронные режимы решили исключить. Еще один довод в пользу синхронности чипсета — применение технологии *Super Bypass,* смысл которой состоит в том, что чипсет вообще не конвейеризует некоторые виды взаимодействий памяти и процессора, становясь абсолютно прозрачным для сигналов. Тем самым устраняются любые сторонние задержки. Очевидно, что применение *Super Bypass* возможно только при синхронной работе шин процессора и памяти.

Северный мост, обретя контроллер шины *AGP4x,* тем самым стал в разряд вполне современных изделий. Пожалуй, по сравнению с чипсетами от *VIA,* единственный заметный недостаток заключается в отсутствии высокоскоростной шины передачи данных между мостами: в *AMD* решили ограничиться обычной шиной *PCI.*

Южный мост *AMD 766* какими-либо выдающимися качествами не блещет и содержит набор стандартных контроллеров: *ATA-100, USB, AC'97, CNR.* Следует отметить, что последние продукты *VIA* значительно превосходят его по функциональным возможностям. Объяснить такое пренебрежение можно только тем, что для *AMD* чипсеты никогда не являлись основной продукцией и разрабатываются скорее как образцы инженерного дизайна для новых процессоров, памяти и т. д. Несомненно, «ударной силой» в сфере платформ под процессоры *AMD* были и остаются фирмы *VIA* и *nVidia,* и такое положение компанию *AMD* вполне устраивает.

Семейство ATI Radeon IGP320

После выхода *nVidia* на рынок чипсетов ее «заклятый друг» компания *ATI* не могла остаться в стороне и объявила о разработке НМСЛ под платформы *Socket A* и *Socket 478.* Собственно, отличаются они только процессорной шиной — все остальное одинаково. В качестве встроенного видеоускорителя применяется *Radeon VE* (в новой «транскрипции» — *Radeon 7000),* южный мост *ALi M1535D+* либо *VIA 686B.* Соединение с северным мостом осуществляется по шине *ATI Link.* Естественно, чипсет поддерживает *DDR SDRAM* спецификации *PC2700.* Как известно, для чипсетов с интегрированной графикой главным считается качество *2D*-изображения. Материнские платы на базе *Radeon IGP320* демонстрируют кристально чистую картинку в «офисном» разрешении при глубине цвета 32 бит и частоте обновления 85 Гц. Здесь виден прагматичный подход *ATI*— она сделала ударным в интегрированном чипсете именно тот элемент, кото-

рый важен для потенциального покупателя. К сожалению, на рынке системные платы на базе *ATI Radeon IGP320* практически не появлялись. Поэтому первая разработка *ATI* в области НМСЛ стала изделием больше бумажным, чем реальным.

ALi MAGiK 1

Чипсет *ALi MAGiK 1* разработан с ориентацией на интерфейс *Socket A* для процессоров *Athlon/Duron.* Он состоит из микросхем северного моста *M1467* и южного моста *M1535D+.* Мосты соединены шиной *PCI.* Северный мост, помимо стандартных функций *(AGP4x,* поддержка процессоров с частотами выше 1 ГГц и прочих), умеет работать с памятью типа *DDR SDRAM* спецификаций *PC1600/2100* и *SDRAM* спецификаций *PC100/133* общим объемом до 3 Гбайт. Одновременная установка *SDRAM* и *DDR SDRAM* не допускается. Южный мост также обеспечивает функционирование вполне современных интерфейсов: *ATA-100, USB 2.0* и других. Вариант *ALi Aladdin Pro5* отличался тем, что поддерживал процессоры *Intel* с интерфейсом *Slot 1* и *Socket 370.*

Семейство nVidia nForce

В сфере производства наборов системной логики, казалось бы, давно поделенной между ведущими производителями, в 2001 г. неожиданно появился новый участник — фирма *nVidia* с чипсетом *nForce* (интерфейс *Socket A).* По общему признанию, новый НМСЛ поднял планку стандартных параметров такого рода изделий для всей отрасли.

Чипсет разделен на две части, как и большинство современных продуктов: встроенный графический процессор *(Integrated Graphics Processor, IGP)* и медиа-коммуникационный процессор *(Media and Communications Processor, MCP). IGP* выполняет функции обычного северного моста. Фактически чип обеспечивает интерфейс системной шины, шины *AGP,* шины памяти и шины *HyperTransport* для связи с южным мостом.

В расширении функциональности компания *nVidia* пошла немного дальше остальных производителей чипсетов. Северный мост модификации *IGP-128* (модель чипсета *nForce 420)* поддерживает два независимых *SDR/DDR SDRAM* контроллера памяти на шинах шириной 64 бит. Все остальные существовавшие на тот момент чипсеты с *DDR SDRAM* поддерживали только один 64-битный контроллер *DDR SDRAM.* Преимущество двух контроллеров заключается в получении удвоенной пропускной способности памяти (теоретически до 4,2 Гбайт/с). Единственное ограничение состоит в необходимости использовать два 64-битных модуля *DIMM* для получения канала доступа шириной 128 бит. Для многих пользователей привлекательной выглядела более дешевая версия чипсета с *IGP-64* (модель чипсета *nForce 220),* поддерживающего один канал *SDR/DDR SDRAM.*

Обе версии северного моста *(IGP-128* и *IGP-64)* включают в себя графическое ядро *GeForce2 MX,* работающее на частоте 175 МГц. В работе графического ядра наиболее четко проявляется преимущество двухканальной архитектуры памяти. Обычно производительность встроенных графических ускорителей снижается именно из-за недостаточной пропускной способности шины памяти. Хотя графическое ядро на *nForce* делит ресурсы каналов памяти с другими потребителями, пропускной способности шины памяти с избытком хватает для получения такой же производительность, как и на внешней плате *GeForce2 MX.* Напомним, что на видеокартах *GeForce2 MX* пропускная способность памяти *SDRAM* на частоте 166 МГц при ширине шины 128 бит достигает 2,7 Гбайт/с. Интегрированное видеоядро *GeForce2 MX* теоретически может получить всю полосу в 4,2 Гбайт/с, хотя на практике делит ее с процессором и периферийными устройствами.

Объем системной памяти, выделенной исключительно для графического процессора, устанавливается в *BIOS.* Внутренняя шина *AGP* (в контроллере *IGP)* может «разгоняться» до 100 МГц (вместо стандартного значения 66 МГц), в результате получаемая скорость эквивалентна режиму *AGP 6X.*

Если встроенное графическое ядро использует двухканальную архитектуру *nForce* для обеспечения кадрового буфера, как только размера буфера перестает хватать, данные начинают передаваться по шине *AGP,* то есть в нашем случае по 100-мегагерцовой внутренней шине. Кроме того, допускается использовать и внешний *APG 4X* интерфейс.

По примеру чипсета *Intel 845 в* микросхеме *IGP* чипсета *nForce* задействован четырехканальный множественно-ассоциативный кэш упреждающей выборки, уменьшающий задержки за счет поиска данных и их выборки в кэш перед запросом графического или центрального процессора. Если запрашиваемые процессором данные находятся в кэше, то ускоряется процесс их получения, если же нет — данные без проблем удаляются из кэша.

Нововведения наиболее заметны в микросхеме *MCP.* Конечно, выполняется основная роль *MCP* — работать в качестве южного моста, обеспечивая связь с устаревшими шинами, интерфейсами *USB, PCI, IDE, Ethernet* и звуковыми контроллерами. Революционность *MCP* заключается в наличии мощного встроенного аудиопроцессора. *nVidia* назвала этот элемент модулем аудио-обработки *(Audio Processing Unit, APU),* который является лицензированной версией сигнального процессора *Parthus MediaStream DSP.* По лицензионным соображениям существует вторая версия *MCP,* названная *MCP-D,* осуществляющая поддержку кодирования *Dolby Digital* в реальном времени. *MCP* соединяется с шиной *IGP HyperTransport,* что стало первой массовой реализацией этого интерфейса.

Семейство nVidia nForce2

Дальнейший путь развития архитектуры НМСЛ в представлении *nVidia* стал очевиден с выходом очередного блокбастера под названием *nForce2*. В качестве нововведений присутствуют встроенное графическое ядро *GeForce4 MX*, двухканальный контроллер памяти *DDR400*, системная шина 333 МГц и обновленная версия *MCP-T*. Чип поддерживает технологии *Dolby Digital Interactive Content Encoder, Hardware DirectX 8.0 Audio Processor, USB 2.0*, интерфейс *FireWire* и имеет два *10/100 Ethernet-контроллерами* на базе аппаратного ядра от *3Com*. По скорости работы *nForce2* стал в момент выхода передовым в своем классе.

Семейство SiS 730/735

Чипсет *SiS 730* обеспечивает поддержку памяти типа *DDR SDRAM* спецификаций *PC1600/2100* и всех современных на момент выхода интерфейсов. Изделия фирмы *SiS* всегда отличались высокой степенью интеграции компонентов. Компания осталась верной традициям и в новом чипсете. В нем имеется встроенное графическое ядро на шине *AGP4x*, блок обработки звука, модем, сетевая карта *10/100 Ethernet*. Естественно, обеспечено функционирование всех современных интерфейсов.

В мае 2001 г. компания *SiS* сравнительно неожиданно выпустила на рынок НМСЛ *SiS 735*, все блоки которого интегрированы в одной микросхеме. У нового продукта было несколько выгодных особенностей: одна из самых быстрых на платформе *x86* шина *MuTIOL*, связывающая контроллеры чипсета, и удачный контроллер памяти, обогнавший по эффективности *KT266*, что подтвердили независимые тесты. Однако максимальный объем оперативной памяти не превышал 1,5 Гбайт, что, впрочем, мало волновало обычных пользователей. В силу производственных проблем необходимое рынку количество чипсетов *SiS* поставить не могла. В результате семейство материнских плат на новом чипсете выпускала в заметных количествах только компания *ECS (Elitegroup)* — ближайший партнер *SiS*.

Семейство SiS 745/746

Модели НМСЛ с номерами *745/746* были разработаны в качестве ответа на выход чипсета *KT333* фирмы *VIA*. Изделие за номером 745 имеет ту же архитектуру, что и 735, все блоки размещены в одной микросхеме. Отличается от предшественника поддержкой памяти *PC2700* объемом до 3 Гбайт. В блок южного моста интегрирован контроллер *IEEE1394 (FireWire)*. К сожалению, *SiS 745* был слабо представлен на рынке. В основном устанавливался на материнских платах компании *Elitegroup*, хотя можно было встретить изделия компаний *MSI* или *ASUS*.

Модификация *SiS 746* является модернизированным вариантом модели *745* и выполнена в двух микросхемах по классической мостовой схеме. Модель с номером *746* поддерживает системную шину с частотой

166 (333) МГц, интерфейс графической шины *AGP8x.* Южный мост марки *SiS 963* поддерживает интерфейсы *USB 2.0* (до шести портов) и *ATA-133.*

Семейство VIA 133

Системный набор *VIA KX133* для процессоров *AMD Athlon* разработан по классической «мостовой» архитектуре. Северный мост выполнен на микросхеме *VT8371,* южный — на микросхеме *VT82C686A* (которая также используется в других чипсетах серии 133).

Основными преимуществами *KX133* по сравнению с *AMD-750* являются поддержка интерфейса *AGP4x,* памяти *SDRAM* спецификации *PC133* и типа *VCM SDRAM.*

Характеристика чипсета *VIA Apollo KX133:*

- поддержка всех модификаций процессоров *Athlon;*
- поддержка 200 МГц на системной шине и 100/133 МГц на шине памяти;
- поддержка памяти типа *SDRAM* спецификации *PC100/PC133,* а также типа *VCM SDRAM;*
- протокол коррекции ошибок *ECC;*
- до 2 Гбайт устанавливаемой памяти в четыре разъема *DIMM,* допускается смешивание разных типов модулей в банках;
- поддержка интерфейса *AGP4x;*
- поддержка управления питанием *ACPI* и *APM;*
- поддержка интерфейса *PCI 2.2* (33 МГц, 32 бит, до шести *PCI-Bus Master* устройств);
- поддержка *UltraDMA—66,* до четырех JDE-устройств;
- интерфейс *USB 1.1,* четыре порта;
- контроль напряжений питания, температур и скорости вращения вентиляторов в БП и на системной плате.

Модификация *VIA KT133* представляет собой вариант *KX133* для процессорного интерфейса *Socket A,* поддерживает процессоры *AMD Duron, Athlon, Athlon XP.* Общая архитектура и микросхема южного моста остались без изменений. Фактически была разработана только новая микросхема северного моста *VT8363.* К сожалению, отмечались случаи нестабильной работы системных плат на базе *KT133* с тремя одновременно установленными модулями *DIMM.* Также были выявлены проблемы при использовании процессоров с рабочими частотами 1 ГГц и больше.

Модификация *VIA KT133A* стала важной вехой в истории платформ для *Socket A.* Пожалуй, только *Intel 440BX* превосходил по популярности *KT133A.* Достаточно сказать, что часть моделей плат на его основе выдержали по нескольку переизданий, постепенно обрастая новыми функциями и контроллерами. Чипсет *KT133A* отличается от предыдущего *KT133* одним серьезным новшеством: поддержкой частоты *FSB* 133 МГц. Проведен

и ряд мелких улучшений — оптимизирована работа контроллера памяти, установлен южный мост *VT82C686B* с поддержкой протокола *ATA-100.*

Отметим хорошую сбалансированность и великолепные для своего класса скоростные показатели чипсета *KT133A,* наряду с *Intel 815* он стал самым быстрым НМСЛ для платформ с памятью *SDRAM.* Более того, платы на базе *KT133A,* сконструированные согласно рекомендациям *AMD* и поддерживающие *Athlon XP (Palomino),* без особых проблем работают с процессорами на ядре *Thoroughbred.*

Варианты с интегрированным видеоускорителями *VIA KLE133* и *KM133* построены на графических ядрах *Trident Blade3D* и *S3 Savage 4* соответственно. Чипсет *KM133* имеет внешний AGP-порт, а чипсет *KLE133* — нет.

Семейство VIA 266

Чипсет *KT266* стал первым чипсетом для платформы *Athlon XP с* поддержкой памяти *DDR SDRAM.* Частота системной шины составила 200/266 МГц, чипсет поддерживал до 3 Гбайт оперативной памяти *SDRAM* (спецификаций *PC100/133)* или *DDR SDRAM* (спецификаций *PC1600/2100),* шину *AGP4x,* протокол *ATA-100* шины *IDE,* спецификацию *AC'97* аудиоинтерфейса, 6 портов *USB 1.2* (три хост-контроллера). На системной шине и шине памяти возможен асинхронный режим (с дискретностью частот 33 МГц). Северный мост *VT8366* и южный мост *VT8233* связаны шиной *V-Link* с пропускной способностью 266 Мбайт/с. С точки зрения спецификаций чипсет оказался на уровне требований платформы, однако не совсем удачная архитектура контроллера памяти негативно сказалось на общей производительности.

Модифицированную версию НМСЛ выпустили немного позднее под маркой *KT266A.* Эта модель получила повсеместное распространение благодаря удачным характеристикам. Улучшенный контроллер памяти поддерживал до 4 Гбайт в четырех модулях *DIMM,* избавившись от недостатков в архитектуре. Производителям материнских плат сильно помогла реализованная в чипсете архитектура *V-MAP (VIA Modular Architecture Platform).* Ее суть заключается в полной совместимости северных мостов *KT266A* и *KT266,* а также взаимозаменяемости южных мостов, что позволило без особых затрат на разработку нового дизайна материнской платы улучшать характеристики продуктов. Именно поэтому производители материнских плат достаточно быстро и безболезненно перешли на *KT266A.* Благодаря совместимости южных мостов многие платы на *KT266A* вскоре получили поддерживающий протокол *AT A-133* южный мост *VT8233A* или содержащий встроенную сетевую плату от *3Com* модификацию *VT8233C,* а позднее и микросхему южного моста *VT8235 (USB 2.0, ATA-133, V-Link* 533 Мбайт/с).

Семейство VIA 333

Единственным реальным отличием НМСЛ *VIA KT333* от предшественника *KT266* стала поддержка *DDR SDRAM* спецификации *PC2700 (DDR333).* По утверждениям компании *VIA,* был доработан контроллер памяти, но на производительности чипсета это практически не сказалось. Обычно северный мост *VT8367* устанавливался в комплекте с южным мостом *VT8233,* хотя позже появились системные платы с южным мостом *VT8235.* С позиций маркетинга выпуск продукта с новой маркировкой был оправдан, но технически чипсеты *KT333* и *KT266* отличались очень мало.

Семейство VIA 400

В сентябре 2002 г. компания VIA представила НМСЛ *KT400,* единственным отличием которого от *KT333* стала поддержка памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200 (DDR400).* Функционально чипсет не изменился: поддержка всех процессоров платформы *Athlon XP,* шины графического контроллера *AGP8X,* до 6 портов спецификации *USB 2.0,* аудиоинтерфейса *AC'97,* шины *IDE* спецификации *ATA-133.* Северный мост *VT8377* связан с южным мостом *VT8235* шиной *V-Link* с пропускной сопосбностью до 533 Мбайт/с. НМСЛ со встроенным видеоускорителем (северный мост *VT8378)* получил маркировку *PM400* и стал едва ли не более популярным, чем собственно *KT400.* Системные платы с чипсетом *PM400* были отличным решением для дешевых офисных платформ. Обычно они комплектовались южным мостом *VT8235,* а позднее микросхемой южного моста *VT8237.*

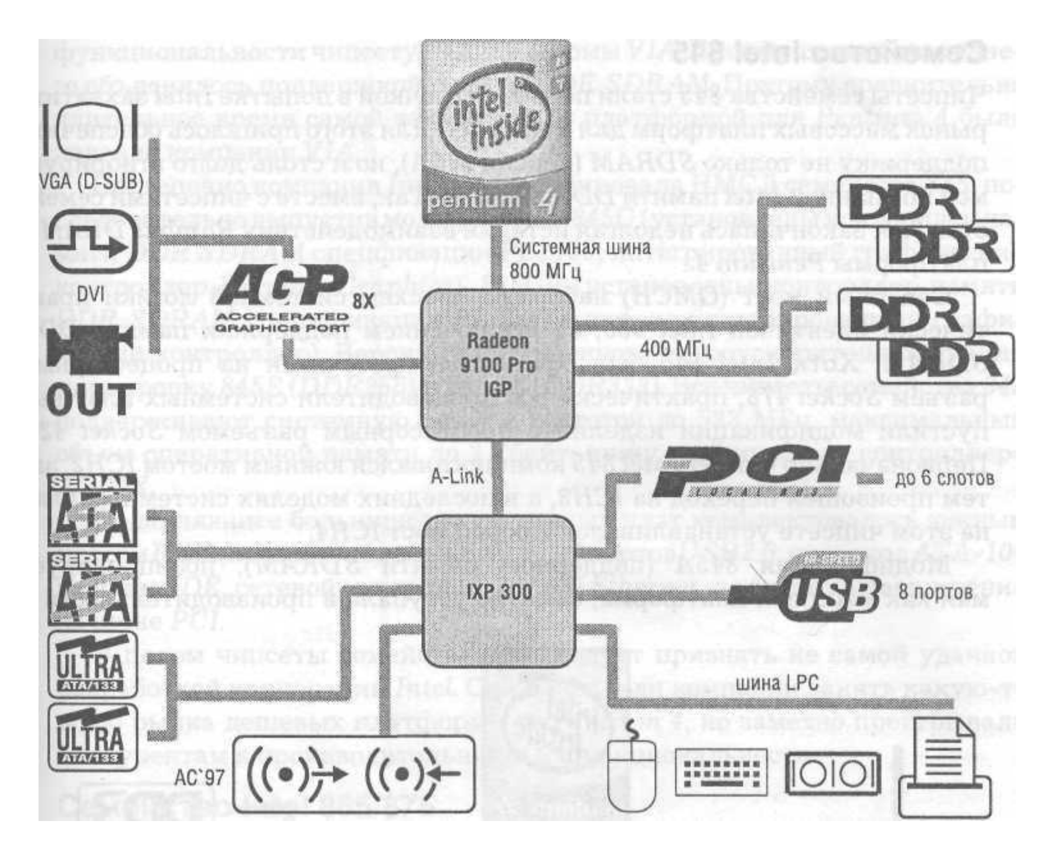
Актуальные чипсеты

Чипсеты с интерфейсом Socket 478/775

Семейство ATI Radeon 9000/9100 IGP

В семействе имеется два НМСЛ, маркируемые как *ATI Radeon 9100 Pro IGP* и *ATI Radeon 9100 IGP.* Оба чипсета поддерживают платформы с интерфейсом *Socket 478,* процессоры с технологией *Hyper-Threading,* частоту системной шины до 800 МГц, два канала памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200 (DDR400),* шину видеоускорителя спецификации *AGP8X.* Северный мост *9100 IGP* оснащен встроенным графическим контроллером *Radeon 9000* и связан с южным мостом шиной *A-Link* с пропускной способностью 266 Мбайт/с.

НМСЛ с индексом Pro комплектуется южным мостом *IXP300,* а его младший собрат — южным мостом в одном из трех вариантов: *IXP150/200/250.* Pro-версия отличается тремя особенностями: количество под-



Принципиальная схема чипсета ATI Radeon 9100 Pro IGP

держиваемых портов *USB 2.0* увеличено с 6 до 8, имеется два порта *Serial ATA,* встроенное графическое ядро поддерживает технологию *Fullstream,* которая улучшает качество изображения при воспроизведении видео и снижает загрузку центрального процессора. Блок контроллера *SATA* южного моста полностью взят у известной фирмы *Silicon Image,* что гарантирует надежную работу хорошо отлаженной архитектуры.

Вариант НМСЛ с одноканальным контроллером памяти *DDR SDRAM* получил название *ATI Radeon 9000,* в остальном он не отличается от чипсета 9100.

Графическое ядро построено на базе сравнительно давней архитектуры *Radeon 8500,* которое позже получило маркировку *9100.* По сравнению с дискретным чипом встроенное ядро имеет всего два конвейера рендеринга и поддерживает шейдеры до версии *DirecX 8.1* включительно.

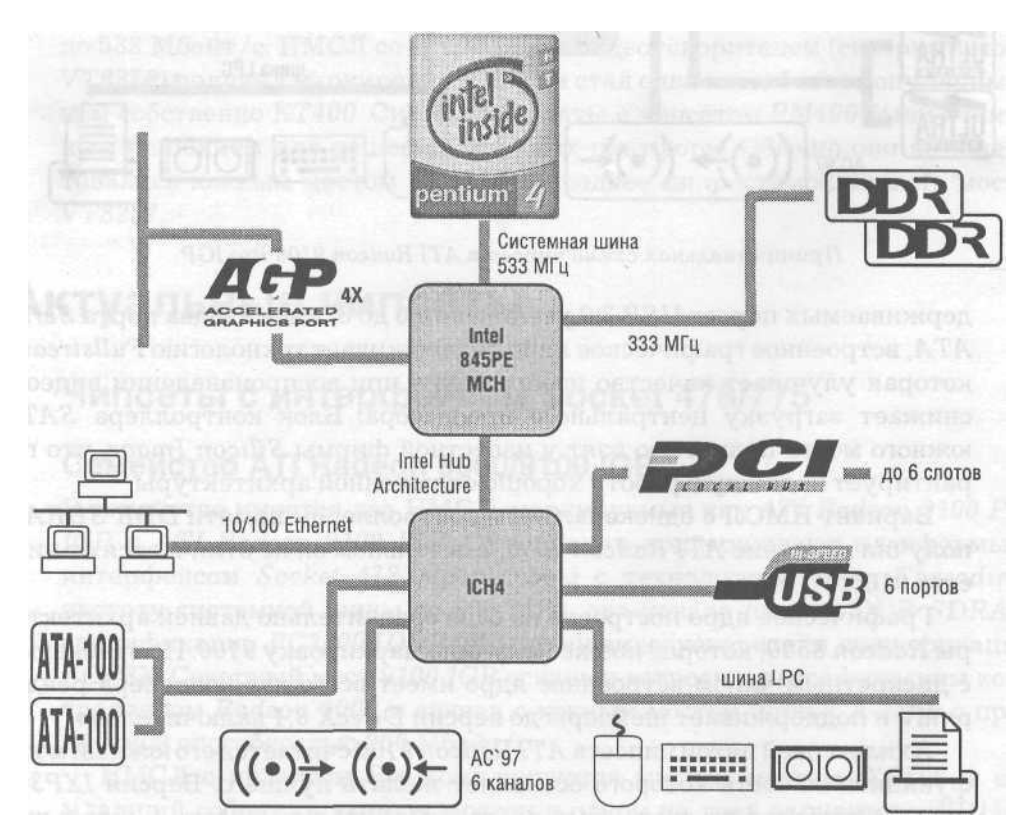
Ахилессовой пятой чипсета *ATI Radeon 9100* считается его южный мост, функциональность которого оставляет желать лучшего. Версия *IXP300* устанавливается на системные платы сравнительно редко, а остальные версии слабы по сравнению с конкурентами.

Семейство Intel 845

Чипсеты семейства *845* стали первой ласточкой в попытке *Intel* захватить рынок массовых платформ для *Pentium 4.* Для этого пришлось обеспечить поддержку не только *SDRAM* (версия *845A),* но и столь долго игнорируемой компанией *Intel* памяти *DDR SDRAM.* Так, вместе с чипсетами семейства *850,* закончилась недолгая история взаимодействия *Rambus DRAM* и платформы *Pentium 4.*

Северный мост *(GMCH)* набора микросхем системной логики практически идентичен *Intel 850,* за исключением поддержки памяти *DDR SDRAM.* Хотя *Intel 845* был официально рассчитан на процессорный разъем *Socket 478,* практически все производители системных плат выпустили модификации изделий с процессорным разъемом *Socket 423.* Первоначально чипсет *Intel 845* комплектовался южным мостом *ICH2,* затем произошел переход на *ICH3,* а в последних моделях системных плат на этом чипсете устанавливался южный мост *ICH4.*

Модификация *845A* (поддержка памяти *SDRAM),* позиционируемая как массовая платформа, заметно уступала в производительности и



Принципиальная схема чипсета Intel 845 PE

функциональности чипсету *P4X266* фирмы *VIA.* Преимущество последнего объяснялось поддержкой памяти *DDR SDRAM.* Поэтому сравнительно длительное время самой эффективной платформой для *Pentium 4* было изделие компании *VIA.*

Постепенно компания *Intel* модернизировала НМСЛ семейства *845,* последовательно выпустив модификации *845G* (установлены контроллер памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC2100,* интегрированный графический контроллер *Extreme Graphics), 845GV* (установлены контроллер памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC2700* и тот же интегрированный графический контроллер). Версии без встроенного видеоускорителя получили маркировку *845E {DDR266)* и *845PE (DDR333).* Все чипсеты семейства *845* поддерживают системную шину с частотой до 533 МГц, максимальный объем оперативной памяти до 2 Гбайт, шину графического контроллера *AGP4X.*

Подавляющее большинство системных плат комплектовалось южным мостом *ICH4,* которыйподдерживает до 6 портов *USB 2.O,* протокол *ATA-100* на шине *IDE,* сетевой интерфейс *10/100 Ethernet,* до 6 слотов расширения на шине *PCI.*

В целом чипсеты семейства *845* следует признать не самой удачной разработкой корпорации *Intel.* Они позволили компании занять какую-то долю рынка дешевых платформ для *Pentium 4,* но заметно проигрывали конкурентам в производительности и функциональности.

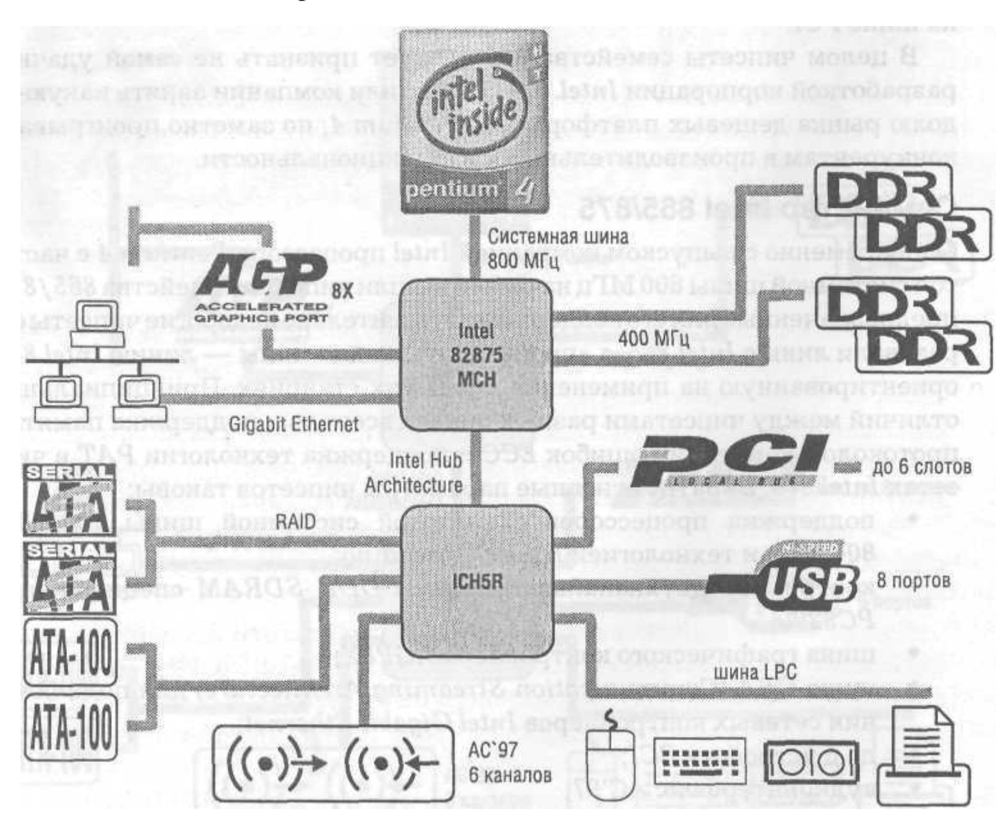
Семейство Intel 865/875

Одновременно с выпуском компанией *Intel* процессора *Pentium 4* с частотой системной шины 800 МГц на рынок вышли чипсеты семейства 865/875, предназначенные для его поддержки. Относительно недорогие чипсеты образовали линию *Intel 865,* а «производительные» чипы — линию *Intel 875,* ориентированную на применение в рабочих станциях. Принципиальных отличий между чипсетами разных линеек всего два: поддержка памяти с протоколом коррекции ошибок *ECC* и поддержка технологии *PAT* в чипсетах *Intel 875.* Вкратце основные параметры чипсетов таковы:

- поддержка процессоров с частотой системной шины 400/533/800 МГц и технологией *Hyper-Threading;*
- контроллер двухканальной памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200;*
- шина графического контроллера *AGP8X;*
- шина *CSA (Communication Streaming Architecture)* для подключения сетевых контроллеров *Intel Gigabit Ethernet;*
- до 6 устройств *PCI;*
- аудиоинтерфейс *AC 97;*
- 8 портов *USB 2.0;*
- 4 устройства *IDE* с интерфейсом *ATA-100;*

- шина *Serial ATA* с возможностью организации *RAID* при использовании южного моста *ICH5R.*

Модификация *Intel 865P* — младшая модель в семействе, не имеющая официальной поддержки системной шины с частотой 800 МГц. Соответственно, поддерживается два канала памяти *DDR SDRAM* в режиме *DDR333.* Модификации *865G/GV* оснащены встроенным графическим контроллером *Exrtreme Graphics,* в модификации *865PE* встроенного видеоускорителя нет. Модификация *875P* поддерживает память с протоколом *ECC.* Для компенсации замедления при работе в режиме с коррекцией ошибок, в архитектуре *875P* реализована технология *Intel PAT (Performance Acceleration Technology).* Суть ее состоит в прямом прохождения данных через МСН к памяти (минуя буфер чипсета), если физическая частота системной шины и шины памяти совпадают (то есть равны 200 МГц). Контроллер памяти задействует двухканальный режим при согласовании двух (или четырех попарно) модулей памяти одинакового объема с одинаковой организацией чипов и при симметричном заполнении относящихся к разным каналам слотов.



Принципиальная схема чипсета Intel 875 P

Южный мост *ICH5R* поддерживает 8 портов *USB* версии 2.0, имеет встроенный контроллер *Serial ATA* с возможностью организации *RAID*-массива. Остальная функциональность довольно стандартна: контроллер *AC'97 v2.2* (до шести каналов аудио), поддержка до 6 устройств *PCI BusMaster* спецификации 2.3, двухканальный контроллер *ATA100.*

В случае использования в компьютере операционной системы *Windows XP* применение южного моста *ICH5R* дает возможность организации *RAID*-массива уровня 0, но только на двух винчестерах, подключенных к портам *SATA.* Специальная версия фирменной программы *Intel Application Accelerator RAID Edition* позволяет инициировать процесс фонового создания *RAID*-массива после подключения второго винчестера (при условии, что ОС уже установлена на первом) без переустановки ОС.

Важное достоинство семейства чипсетов *Intel 865/875* заключается в необходимости и достаточности для них четырехслойной разводки системных плат. Это уменьшило стоимость изготовления готовых решений третьими фирмами и способствовало популярности семейства у пользователей.

Чипсет Intel 848P

НМСЛ от *Intel* для платформы *Socket 478* (процессор *Pentium 4)* модификации *848P* представляет собой чипсет *Intel 865PE,* только с одноканальным контроллером памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200.* Иначе говоря, архитектура *848P* в точности повторяет *865PE,* вплоть до той же самой микросхемы, но с частью заблокированной логики. Если учесть, что *Intel 865PE* по сути аналог *Intel 875P,* только без официальной поддержки *PAT* и *ECC,* то можно предположить методику маркировки микросхем, сходящих с конвейера. Прошедшие все тесты кристаллы маркируются как *Intel 875.* Микросхемы, у которых возникли проблемы с *PAT* или с памятью *ECC* при работе на высоких частотах, маркируются как *Intel 865.* Те микросхемы, у которых один из каналов контроллера памяти не заработал, получают право на жизнь под маркой *Intel 848P.*

Формальные ключевые параметры *Intel 848P* таковы:

- поддержка процессоров *Intel Pentium 4* на ядре *Northwood* или *Prescott;*
- поддержка частот системной шины 400, 533 и 800 МГц;
- максимальный поддерживаемый объем памяти 2 Гбайт, не более двух одно- или двухсторонних модулей *DDR SDRAM;*
- одноканальный 64-битный контроллер памяти;
- поддержка интерфейса *CSA (Communication Streaming Architecture);*
- поддержка шины *AGP8X* с напряжением питания 0,8/1,5 В;
- корпусировка *FC-BGA.*

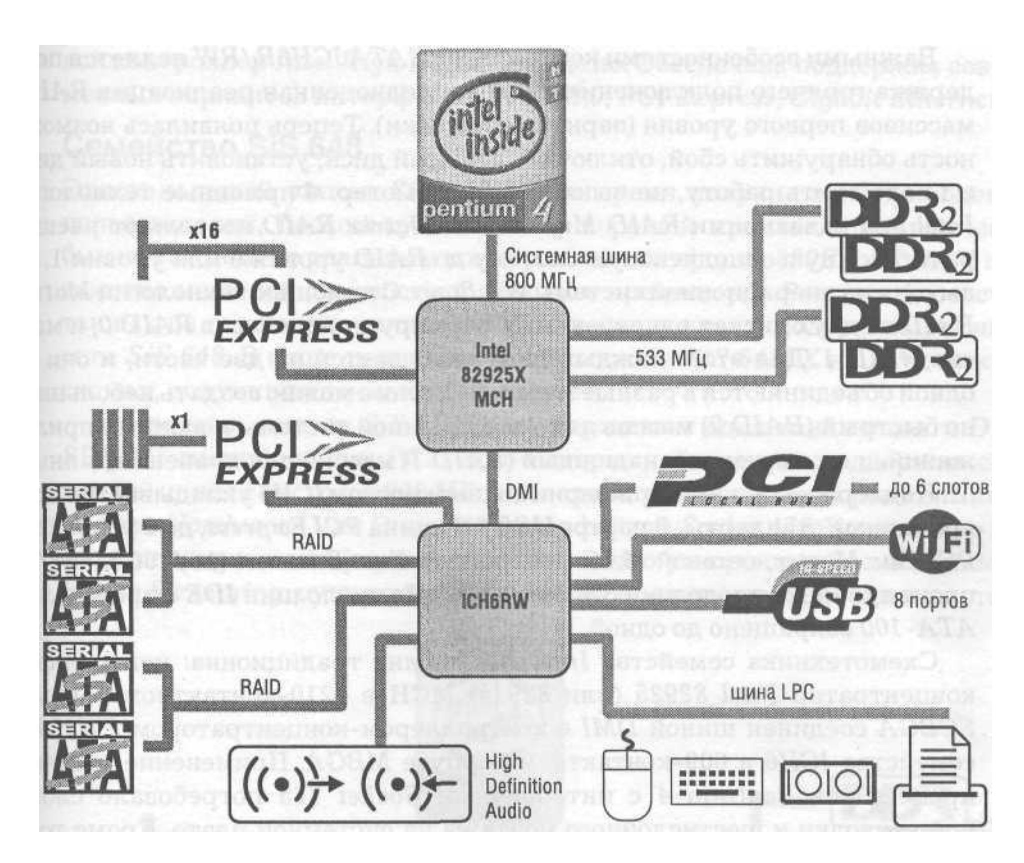
Семейство Intel 910/915/925

Системные платы на базе набора микросхем системной логики младшей модели семейства *Intel 910GL* специально ориентированы на дешевые платформы с процессорами *Intel Celeron D*. Встроенный графический контроллер *Intel Graphics Media Accelerator (GMA)* 900 относится к поколению *DirectX 9* и поддерживает широкоэкранные жидкокристаллические мониторы. Обработка мультимедийных потоков поддерживается технологией *Intel High Definition Audio*. Двухканальный контроллер памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200* и современная шина *Serial ATA* для подключения накопителей обеспечивают быструю обработку данных. Однако, в отличие от старших моделей семейства, *Intel 910GL* не поддерживает частоту системной шины свыше 533 МГц, максимальный объем оперативной памяти ограничен 2 Гбайт, отсутствует шина *PCI Express,* нет слота *AGP* для графических контроллеров.

В составе семейства чипсеты линии *915* (имеют модификации *P, G,* GV) ориентированы на массовые платформы, а чипсеты линии *925* (имеют модификации *X, XE)* считаются решением для высокопроизводительных платформ. В целом чипсеты семейства стали основой для платформ на процессорах *Pentium 4* с интерфейсом *Socket 775*. Архитектурных различий между моделями *925* и *915* найти практически невозможно, если не учитывать встроенный видеоускоритель в чипсетах *915G/GV*. Функциональные различия между моделями, наоборот, выдвигаются компанией *Intel* на передний план, зачастую искусственно. Рассмотрим такие различия подробнее.

Частоту системной шины 533 МГц поддерживают только чипсеты линейки *915*. В старших модификациях *(925X, 925XE)* частоты системной шины начинаются с 800 МГц, а модель *925XE* поддерживает системную шину с частотой 1066 МГц.

Различия в контроллере памяти сводятся к поддержке специ фикаций *DDR333/400* и *DDR2-400/533*. Здесь вступает в силу искусственное разведение продуктов по рыночным нишам: чипсеты линейки *925* официально с *DDR* работать не могут, а чипсеты линейки 915 могут работать с обоими типами памяти. Но воспользоваться *DDR2* удастся только совместно с процессорами на 800-мегагерцовой шине. Максимальный объем оперативной памяти у всех чипсетов одинаков — 4 Гбайт. Линейка *925* поддерживает модули с протоколом коррекции ошибок *ECC*. Технология *Flex Memory* позволяет устанавливать три модуля при сохранении режима двухканальности — требуется лишь одинаковый суммарный объем памяти в обоих каналах. Существуют образцы системных плат со слотами *DDR* и *DDR2* одновременно. Но в один момент времени функционировать могут только модули одного типа. Заметим, что реальных преимуществ по скорости применение *DDR2* пока не дает.



Принципиальная схема чипсета Intel 925X

Контроллер памяти в чипсетах семейства поддерживает пакетную регенерацию страниц памяти в зависимости от текущего алгоритма доступа. Такой метод ускоряет обмен данными примерно на 10%. В линейке *925* предусмотрена поддержка технологии *PAT*. Ускорение обмена с памятью обеспечивается более быстрым прохождением данных через чипсет за счет меньшего количества согласующих буферов.

В семействе *Intel 900* впервые произошел отказ от шины *AGP*, на смену которой окончательно пришла последовательная шина *PCI Express 16x*. Она же, в варианте *PCI Express 1x*, используется для карт расширения наряду с обычной параллельной шиной *PCI*.

Южный мост *ICH6* (имеются модификации *R, W, RW)* соединен с северным мостом шиной *DMI (Direct Media Interface)*, которая является слегка измененной версией *PCI Express 4x*, с пропускной способностью до 2 Гбайт/с. Модификация *ICH6R* поддерживает функции *RAID* на шине *SATA*, модификация *ICH6W* имеет мост для сопряжения с контроллером беспроводной сети *Wi-Fi* (устанавливается отдельно), а модификация *ICH6RW* объединяет обе технологии.

Важными особенностями контроллера *SATA ICH6R/RW* является поддержка горячего подключения дисков и полноценная реализация RAID-массивов первого уровня (зеркальные диски). Теперь появилась возможность обнаружить сбой, отключить сбойный диск, установить новый диск и продолжить работу, не выключая компьютер. Фирменные технологии *Intel* под названиями *RAID Migration* и *Matrix RAID* позволяют расширить текущую однодисковую систему до *RAID* уровня 0 или уровня 1, не выходя из операционной системы *Windows.* С помощью технологии *Matrix RAID* на двух дисках одновременно формируется и массив *RAID 0,* и массив *RAID 1.* Для этого каждый диск разбивается на две части, и они по одной объединяются в разные массивы. В итоге можно создать небольшой, но быстрый *(RAID 0)* массив для операционной системы и важных приложений, и одновременно надежный *(RAID 1)* массив для хранения данных.

Поддержка прочей периферии южным мостом *ICH6* укладывается в современные стандарты: 8 портов *USB 2.0,* шина *PCI Express,* до 6 устройств *PCI Bus Master,* сетевой *MAC*-контроллер *Fast Ethernet* (10/100 Мбит/с), прочая обвязка вроде шин *SMBus* и *LPC.* Но число шин *IDE* с протоколом *ATA-100* сокращено до одной.

Схемотехника семейства *Intel 900* вполне традиционна: контроллер-концентратор *Intel 82925* (или *82915)* МСН в 1210-контактном корпусе *FCBGA* соединен шиной *DMI* с контроллером-концентратором *FW82801* семейства *ICH6* в 609-контактном корпусе *MBGA.* Применение мощных процессоров *Pentium 4* с интерфейсом *Socket* 775 потребовало сложной разводки и шестислойного монтажа на системной плате. Кроме того, усложнился блок питания системной платы, на стабилизаторы напряжения которого в отдельных случаях стали устанавливать радиаторы охлаждения.

Семейство Intel 945/955

Семейство создано для поддержки двухъядерных процессоров *Pentium 4 (Smithfield).* Модификации *Intel 945G/GV* с встроенным графическим контроллером *GMA900* рассчитаны на платформы массового сектора рынка. Модификация *Intel 955X* предназначена для производительных платформ с двумя шинами *PCI Express 16x.* Оба набора микросхем системной логики поддерживают частоту системной шины 1066 МГц и память спецификации *DDR2-667,* причем модификация *955X* способна работать с памятью *ECC* объемом до 8 Гбайт. Модификация *945P* предназначена для дешевых систем, имеет одноканальный контроллер памяти и поддерживает частоту системной шины до 800 МГц.

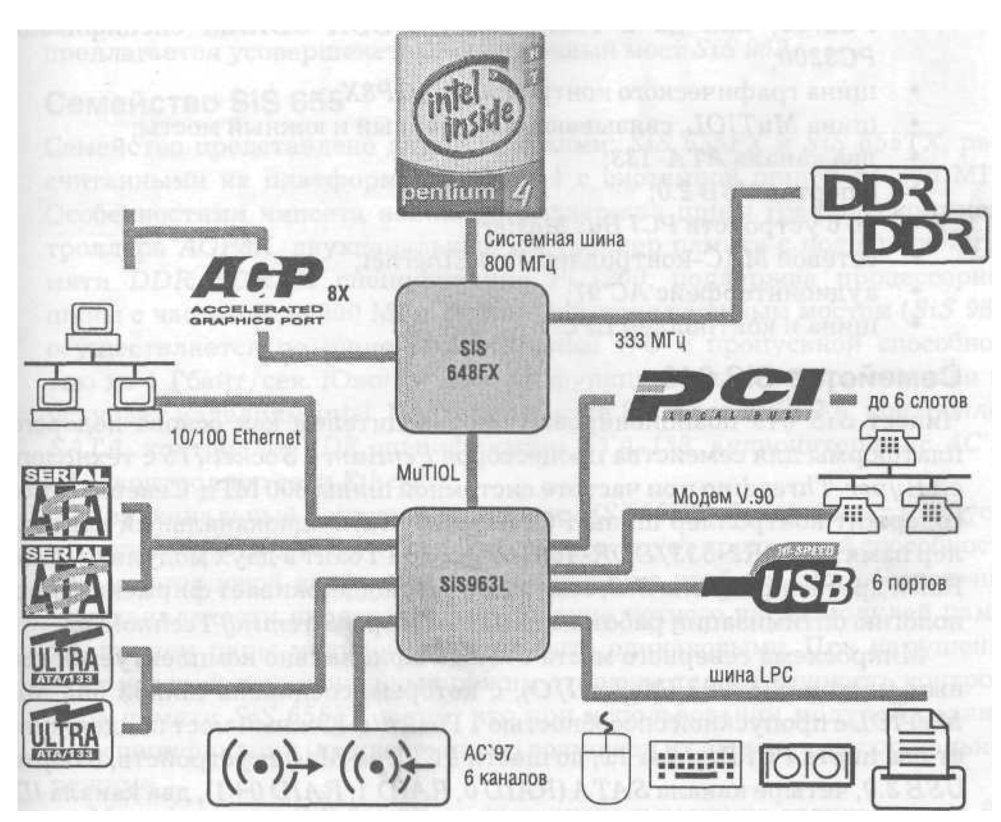
Южный мост *ICH7* имеет контроллер четырех портов *Serial ATA2* с технологией дисковых массивов *Matrix RAID.* Конечно же, предусмотрен ставший стандартом де-факто интегрированный многоканальный звуко-

вой контроллер *Intel High Definition Audio.* Обеспечена поддержка современных вариантов интерфейсов: *USB 2.0, PCI Express, Gigabit Ethernet.*

Семейство SiS 648

Одноканальный чипсет *SiS 648 в* свое время получил высокую оценку пользователей, поскольку отличался хорошей производительностью и был на тот момент реальным конкурентом платформе *850E + RDRAM* при заметно меньшей стоимости. С выходом процессоров *Pentium 4,* рассчитанных на системную шину 800 МГц, встал вопрос о модернизации чипсета *SiS 648.* В итоге появилась модификация *SiS 648FX* на двух микросхемах, получившая новые возможности.

Во-первых, чипсет *SiS 648FX* поддерживает один канал памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC2700.* Во-вторых, обеспечена поддержка системной шины с частотой 800 МГц и, следовательно, процессоров *Pentium 4* на ядре *Northwood* или *Prescott с* интерфейсом *Socket 478.* Контроллер памяти поддерживает фирменную технологию ускорения обмена данными *Hyper Streaming,* суть которой можно определить так. Для одного потока



Принципиальная схема пипсетаSiS 648 FX

обеспечиваются минимальные задержки доступа. При нескольких потоках организуется их конвейерное и параллельное исполнение, в частности, оптимизируется количество виртуальных каналов чтения/записи. Изохронным потокам (аудио, видео, сетевой трафик) гарантирована полоса пропускания. Контроллер поддерживает адаптивное управление транзакциями, например чередование запросов таким образом, чтобы сначала выполнялись обращения к уже открытой странице памяти.

Официально северный мост *SiS 648FX* комплектуется «облегченным» южным мостом *SiS 963L,* однако производители системных плат нередко используют полноценный южный мост *SiS 963,* который включает контроллер *FireWire (IEEE1394),* и даже сравнительно новый южный мост *SiS 965.* Очевидно, что отсутствие поддержки двух каналов памяти автоматически переводит *SiS 648FX* в сегмент дешевых платформ.

Кратко перечислим функциональные параметры чипсета:

- поддержка процессоров *Pentium 4* и *Celeron* с частотой системной шины 400/533/800 МГц;
- поддержка до 3 Гбайт памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC2100/PC2700,* или до 2 Гбайт памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200;*
- шина графического контроллера *AGP8X;*
- шина *MuTIOL,* связывающая северный и южный мосты;
- два канала *АТА-133;*
- 6 портов *USB 2.0;*
- до 6 устройств *PCI Bus Master;*
- сетевой *MAC*-контроллер *Fast Ethernet;*
- аудиоинтерфейс *AC'97;*
- шина и контроллер *LPC.*

Семейство SiS 649

Чипсет *SiS 649* позиционирован производителем как основа недорогой платформы для семейства процессоров *Pentium 4 Socket 775* с технологией *Hyper-Threading* при частоте системной шины 800 МГц. Северный мост содержит контроллер шины *PCI Express 16x* и одноканальный контроллер памяти *DDR2-533/DDR-400* (объем до 1 Гбайт в двух модулях *DIMM).* Как и другие продукты *SiS,* семейство *649* поддерживает фирменную технологию оптимизации работы с памятью *HyperStreming Technology.*

Микросхема северного моста *SiS 649* официально комплектуется южным мостом *SiS 965 (Media I/O),* с которым соединена шиной 533 МГц *MuTIOL* с пропускной способностью 1 Гбайт/с. Южный мост поддерживает два порта *PCI Express 1x,* до шести *PCI Bus-Master* устройств, 8 портов *USB 2.0,* четыре канала *SATA (RAID 0, RAID 1, RAID 0+1),* два канала *IDE ATA-133,* аудиоинтерфейс *AC 97 V2.3,* сетевой MAC-контроллер *Gigabit Ethernet,* контроллер *LPC.*

Семейство SiS 650/651

Чипсет *SiS 650* разработан для использования в платформах, поддерживающих процессор *Pentium 4* с частотой системной шины до 800 МГц. Интегрированный в северный мост графический контроллер *Real 256* поколения *DirexX* 7 имеет аппаратный декордер *MPEG1/2.* Контроллер графической шины поддерживает интерфейс *AGP4X.* В состав чипсета входит видеомост *SiS 301B* с трансмиттером *TMDS,* обеспечивающий вывод на два устройства (телевизор или монитор) аналоговых и цифровых сигналов. Контролер памяти одноканальный, поддерживает спецификацию *DDR SDRAM PC2100,* совместим с технологией *ACPI,* в том числе поддерживает функцию *Suspend to RAM,* что для чипсета начального уровня является необычным. С помощью шины *MuTIOL* с пропускной способностью до 533 Мбайт/с, северный мост связан с южным мостом *SiS 961.*

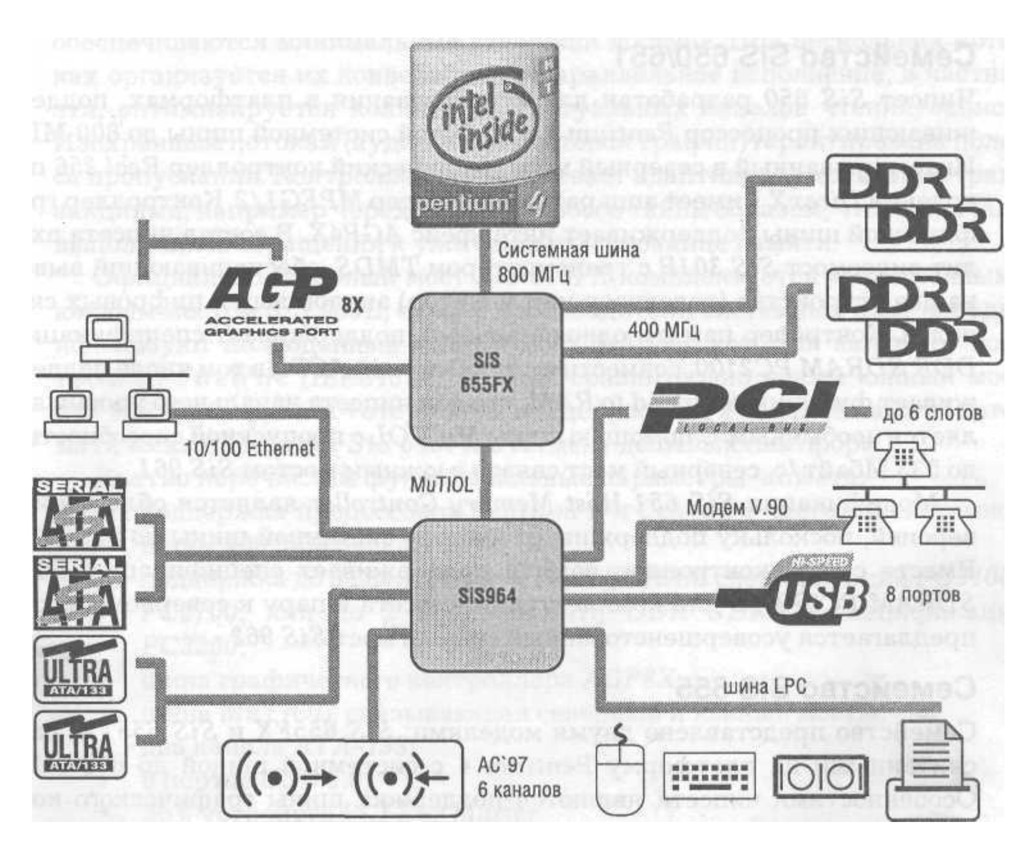
Модификация *SiS 651 Host Memory Controller* является облегченной версией, поскольку поддерживает частоту системной шины до 533 МГц. Вместе с тем, контроллер памяти поддерживает спецификацию *DDR SDRAM PC2700,* а для комплектации чипсета в пару к северному мосту предлагается усовершенстованный южный мост *SiS 962.*

Семейство SiS 655

Семейство представлено двумя моделями: *SiS 655FX* и *SiS 655TX,* рассчитанными на платформу *Pentium 4* с системной шиной до 800 МГц. Особенностями чипсета являются поддержка шины графического контроллера *AGP8X,* двухканальный контроллер памяти с поддержкой памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200,* поддержка процессорной шины с частотой до 800 МГц. Взаимодействие с южным мостом *(SiS 964)* осуществляется по шине *Multi-threaded I/O* с пропускной способностью до 1 Гбайт/сек. Южный мост по функциональности практически не уступает изделиям *Intel.* Поддерживается 8 портов *USB 2.0,* контроллер *SATA,* контроллер *IDE* спецификации *ATA-133,* аудиоинтерфейс *AC'97 v2.3,* контроллер сети *Ethernet.*

Двухканальный контроллер памяти *SiS 655FX* обеспечивает пропускную способность 6,4 Гбайт/сек, что соответствует пропускной способности 800-мегагерцовой системной шины. Одной из проблем при обеспечении двухканальности является использование четного числа модулей памяти, причем пары модулей должны быть одинаковыми. При нарушении этих условий двухканальный режим отключается. Особенность контроллера памяти *SiS 655FX* в том, что при использовании модулей различной спецификации (не идентичных) возможен их запуск в двухканальном режиме.

Модификация *SiS 655TX* по функциональности не отличается от *SiS 655FX,* но обладает лучшей производительностью за счет модернизации

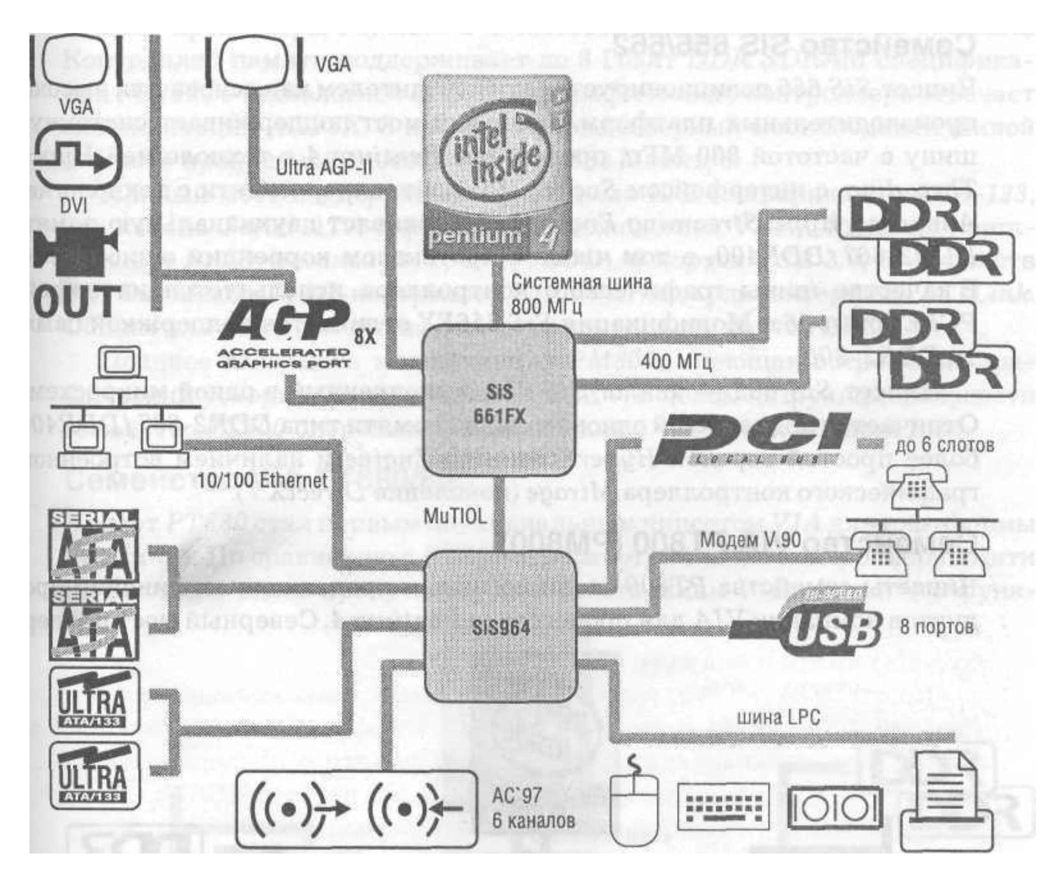


Принципиальная схема чипсета SiS 655 FX

контроллера памяти. Примененная в контроллере технология носит название *Advanced HyperStreaming.* По сути, она повторяет технологию *PAT,* использованную компанией *Intel* в чипсете *i875.* На реальных задачах разница в производительности между *655 FX* и 655 *TX* практически незаметна.

Семейство SiS 661 FX

В момент своего появления чипсет *SiS 661FX* позиционировался как интегрированное (на одной микросхеме) решение для ноутбуков. Тем не менее, в дальнейшем появились системные платы для настольных ПК и компактных компьютеров. Например, на базе *SiS 661FX* построены мультимедийные компактные ПК серий *Shuttle XPC SS56* и *Acorp AT4-3 Mini PC.* Северный мост *SiS 661FX* имеет встроенный видеоускоритель *Mirage Graphics (Real 256E),* поддерживает одноканальную память *DDR SDRAM* спецификации *PC3200* (до двух модулей *DIMM),* системную шину с частотой до 800 МГц, процессоры *Pentium 4-M* с технологией *Hyper-Threading.*



Принципиальная схема чипсета SiS 661 FX

НМСЛ укомплектован фирменными технологиями *SiS: HyperStreaming Technology* (оптимизация работы системной памяти), шиной *MuTIOL, Ultra AGP-II*.

Находящийся в одном кристалле с контроллером памяти видеоускоритель по замыслу разработчиков получает прямой доступ к оперативной памяти, минуя традиционный для внешнего видеоадаптера мост *PCI-AGP* и шину *AGP*. В итоге пропускная способность шины графического контроллера теоретически возрастает до 3,2 Гбайт/с (технология получила название *Ultra AGP-II)*. На практике слишком слабое графическое ядро не позволяет в полной мере использовать возможности, предоставляемые сверхскоростной шиной. Уже в разрешении 1024x768 точек трехмерные приложения заметно тормозят, поскольку графическое ядро не справляется с обработкой примитивов. Вместе с тем, для плоской графики возможностей *SiS 661FX* вполне достаточно.

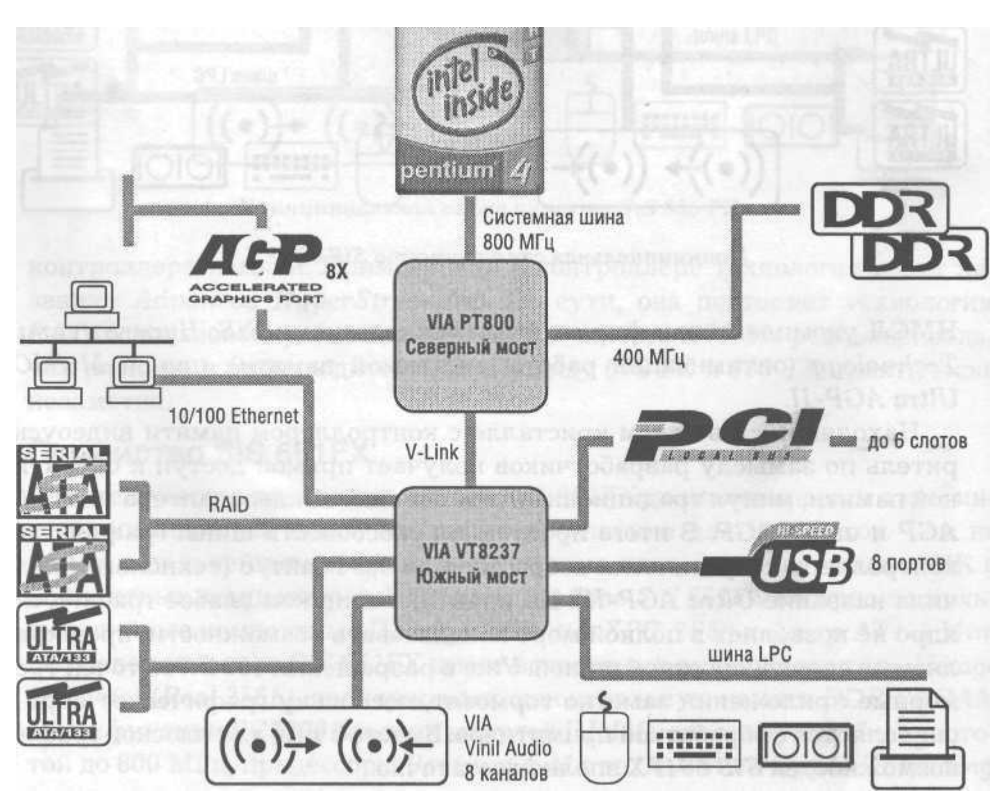
Семейство SiS 656/662

Чипсет *SiS 656* позиционируется производителем как основа для высокопроизводительных платформ. Северный мост поддерживает системную шину с частотой 800 МГц, процессоры *Pentium 4* с технологией *Hyper-Threading,* с интерфейсом *Socket 775.* Контроллер памяти с технологией *Advanced HyperStreaming Engine* поддерживает двухканальную память *DDR2-667/DDR400,* в том числе с протоколом коррекции ошибок *ECC.* В качестве шины графического контроллера используется интерфейс *PCI Express 16x.* Модификация *SiS 656FX* отличается поддержкой памяти *DDR2-800.*

Чипсет *SiS 662* — аналог *SiS 656,* выполненный в одной микросхеме. Отличается поддержкой одноканальной памяти типа *DDR2-667/DDR400,* более простой версией *HyperStreaming Engine* и наличием встроенного графического контроллера *Mirage* (поколение *DirectX* 7).

Семейство VIA PT800 (PM800)

Чипсеты семейства *PT800* стали логичным продолжением линейки продуктов компании *VIA* для процессоров *Pentium 4.* Северный мост поддер-



Принципиальная схема чипсета VIA PT800

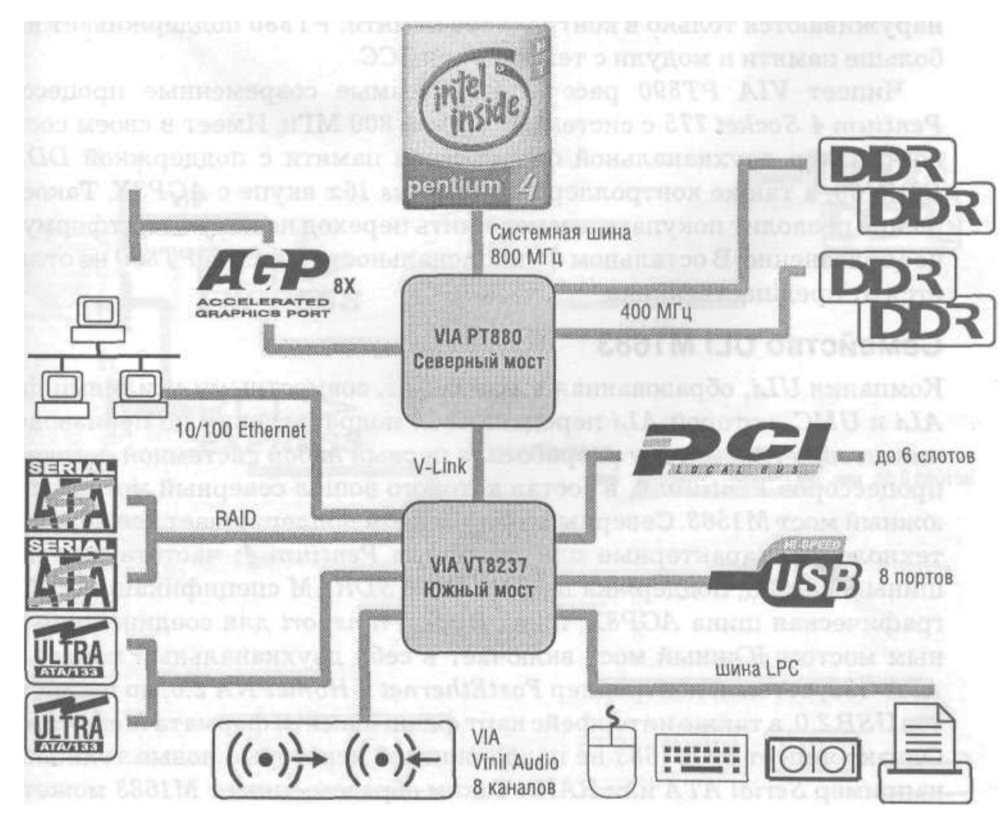
живает процессоры *Pentium 4* с частотой системной шины до 800 МГц. Контроллер памяти поддерживает до 8 Гбайт *DDR SDRAM* спецификации *PC3200* с технологией *ECC*. Шина графического контроллера отвечает спецификации *AGP8X*. С южным мостом северный мост соединен шиной *V-Link* с пропускной способностью до 533 Мбайт/с.

Южный мост поддерживает два канала *IDE* спецификации *ATA-133,* два канала *Serial ATA* с фирменной технологией *VIA V-RAID* для организации *RAID*-массива (0, 1, 0+1, *JBOD),* 8 портов *USB 2.0,* 6 устройств *PCI Bus Master, MAC*-контроллер *Fast Ethernet,* аудиоинтерфейс *АС-Ынк*. Общим для всего семейства является контроллер портов *LPC*.

Позднее выпущена модификация *PM800,* имеющая встроенный графический ускоритель поколения *DirectX* 7. В целом по функциональности семейство *PT800* опережает одноканальные чипсеты компании *Intel*.

Семейство VIA PT880/890

Чипсет *PT880* стал первым двухканальным чипсетом *VIA* для платформы *Pentium 4.* По сравнению с *PT800* переработан только контроллер памяти и увеличена вдвое пропускная способность шины *V-Link,* так что функ-



Принципиальная схема чипсета VIA PT 880

ционально оба семейства почти одинаковы. Кратко перечислим возможности *PT880:*

- поддержка системной шины с частотой 400/533/800 МГц;
- двухканальный контроллер памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200* объемом до 8 Гбайт с поддержкой *ECC;*
- шина *AGP8X* для графического ускорителя;
- шина *Ultra V-Link* (с пропускной способностью около 1 Гбайт/с) для соединения с южным мостом;
- официально комплектуется южным мостом *VIA VT8237;*
- два канала *IDE* на 4 устройства *ATA-133;*
- два порта *SATA* с возможностью организации *RAID* (режимы 0, 1, *JBOD);*
- 8 портов *USB 2.0;*
- до 6 устройств *PCI Bus Master;*
- АС'97-интерфейс;
- *MAC*-контроллер *Fast Ethernet* (до 100 Мбит/с);
- микросхема *LPC* для низкоскоростной периферии.

Отличия от изделий конкурентов (в первую очередь чипсетов *Intel)* обнаруживаются только в контроллере памяти: *PT880* поддерживает вдвое больше памяти и модули с технологией *ECC.*

Чипсет *VIA PT890* рассчитан на самые современные процессоры *Pentium 4 Socket* 775 с системной шиной 800 МГц. Имеет в своем составе контроллер двухканальной оперативной памяти с поддержкой *DDR2/ DDR400,* а также контроллер *PCI Express 16x* вкупе с *AGP8X.* Такое решение позволит покупателям пережить переход на новую платформу менее болезненно. В остальном функциональность чипсета *PT890* не отличается от предшественника.

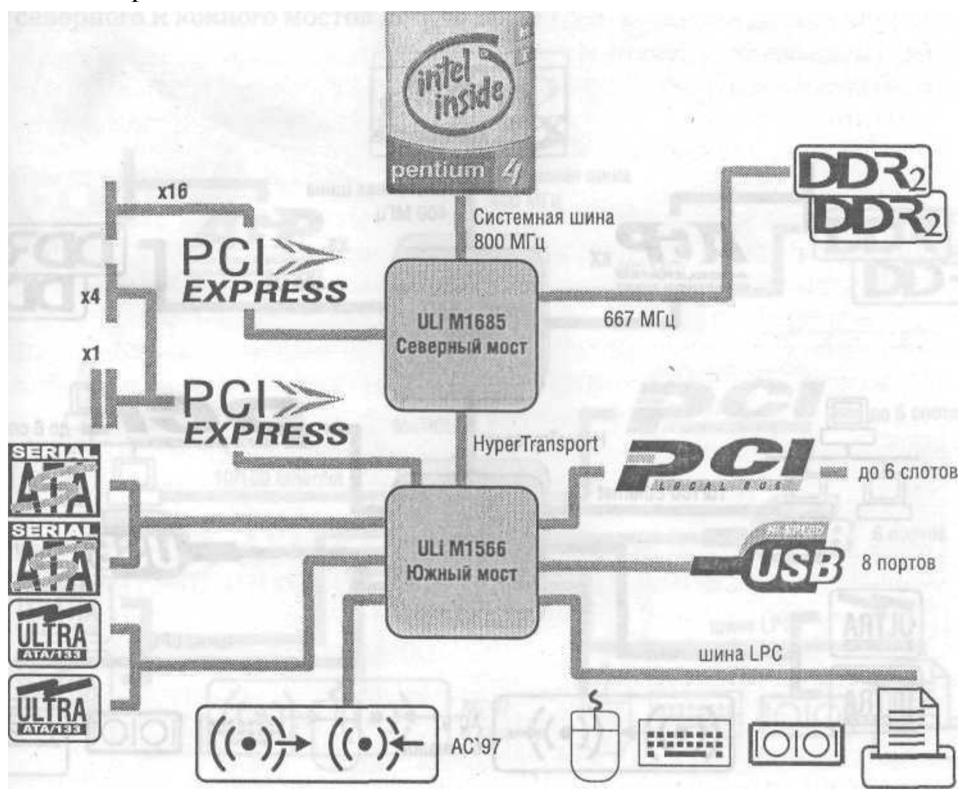
Семейство ULi M1683

Компания *ULi,* образованная в мае 2004 г. совместными усилиями фирм *ALi* и *UMC,* которой *ALi* передала свои подразделения по производству чипсетов, в том же году разработала первый набор системной логики для процессоров *Pentium 4,* в состав которого вошел северный мост *M1683* и южный мост *M1563.* Северный мост чипсета поддерживает все передовые технологии, характерные для платформ *Pentium 4:* частота системной шины 800 МГц, поддержка памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200,* графическая шина *AGP8X,* шина *HyperTransport* для соединения с южным мостом. Южный мост включает в себя двухканальный контроллер *ATA-133,* сетевой контроллер *FastEthernet* и *HomePNA 2.0,* до шести портов *USB 2.0,* а также интерфейс карт флэш-памяти формата *Memory Stick.* Однако чипсет от *M1683* не поддерживает некоторые новые технологии, например *Serial ATA* или *RAID.* Таким образом, чипсет *M1683* может послужить основой для построения дешевых платформ общего назначения.

Семейство ULi M1685

Семейство *ULi* состоит из северного моста *M1685* и южного моста *M1566*. В сравнении с чипсетом *M1683* в чипсет *M1685* добавлена поддержка шины *PCI Express,* интерфейса *Serial ATA* и памяти спецификации *DDR2-667*. Контроллер памяти одноканальный, а максимальный поддерживаемый объем памяти составляет 3,5 ГБайт. Чипсет *M1685* поддерживает процессоры *Pentium 4* с частотой системной шины 800 МГц. Взаимодействие с южным мостом осуществляется с помощью шины *HyperTransport*. Полоса пропускания этой шины при частоте 1 ГГц составляет 2 Гбайт/с.

В связке с *M1685* работает южный мост *M1566,* который отличается от предыдущих поддержкой двух портов *PCI Express lx,* одного *PCI Express 4x* и шиной *Serial ATA*. В дальнейшем был представлен южный мост *M1573,* который связан с северным мостом шиной *PCI Express*. Набор функций южного моста *M1573* несколько изменился: четыре порта *PCI Express lx,* четыре порта *Serial ATA (RAID 0,* 1, 0+1), восемь портов *USB 2.0,* звуковой контроллер *Azalia*. Чипсет *M1685* обладает развитыми функциями энергосбережения, что позволят рассчитывать на нишу в сегменте мобильных компьютеров.



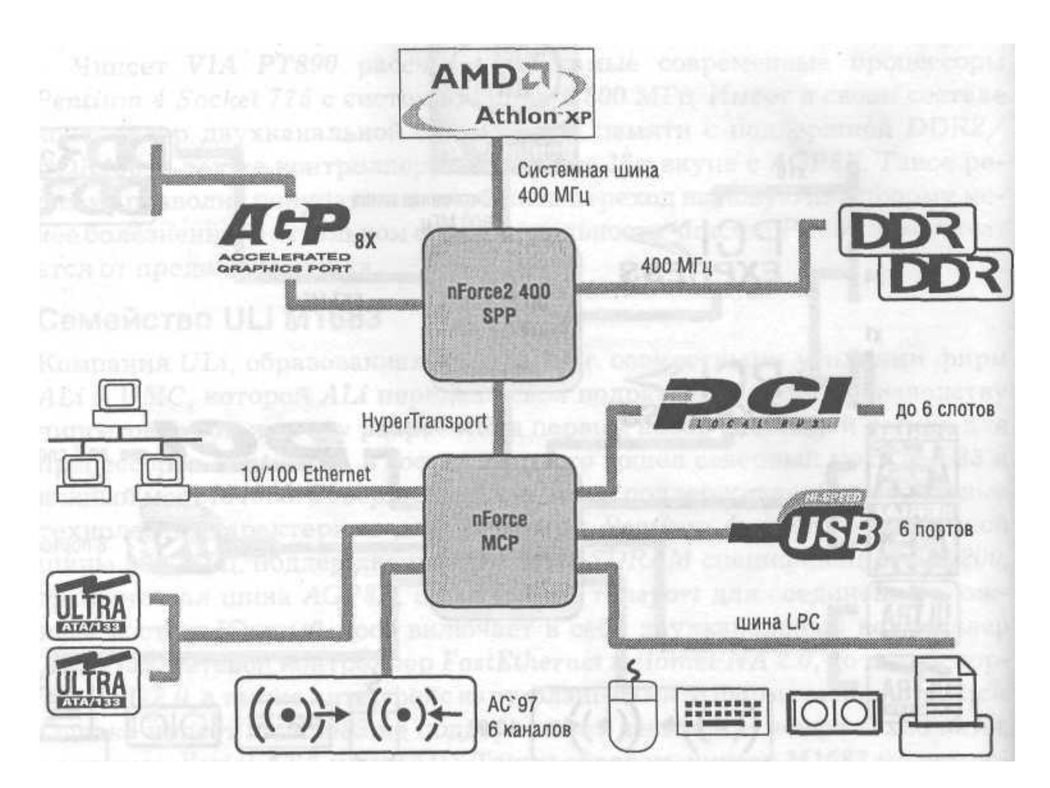
Принципиальная схема чипсета ULi M1685

Чипсеты с интерфейсом Socket A

Семейство nVidia nForce2 400

Когда компания *AMD* выпустила процессоры с частотой системной шины 400 МГц, компания *nVidia* сразу поддержала это нововведение. Наборы микросхем системной логики *nForce2 Ultra 400* и *nForce2 400* разработаны для процессоров *AMD Athlon XP* с интерфейсом *Socket A* и рассчитаны на создание платформ массового сегмента рынка. Ключевой особенностью чипсетов семейства является именно увеличенная до 3,2 Гбайт/с пропускная способность системной шины. Чипсеты *nForce2 400 Ultra* и *nForce 400* состоят из северного и южного мостов, которые компания *nVidia* предпочитает именовать «процессорами»: *System Platform Processor (SPP)* и *Media and Communication Processor (MCP)*.

Практически единственным отличием между модификациями в семействе является контроллер памяти. В чипсете *nForce2 Ultra 400* он двухканальный, а в чипсете *nForce2 400* — одноканальный. Поскольку пропускная способность двуканальной памяти вдвое превосходит значение пропускной способности системной шины, оставшийся ресурс вы-



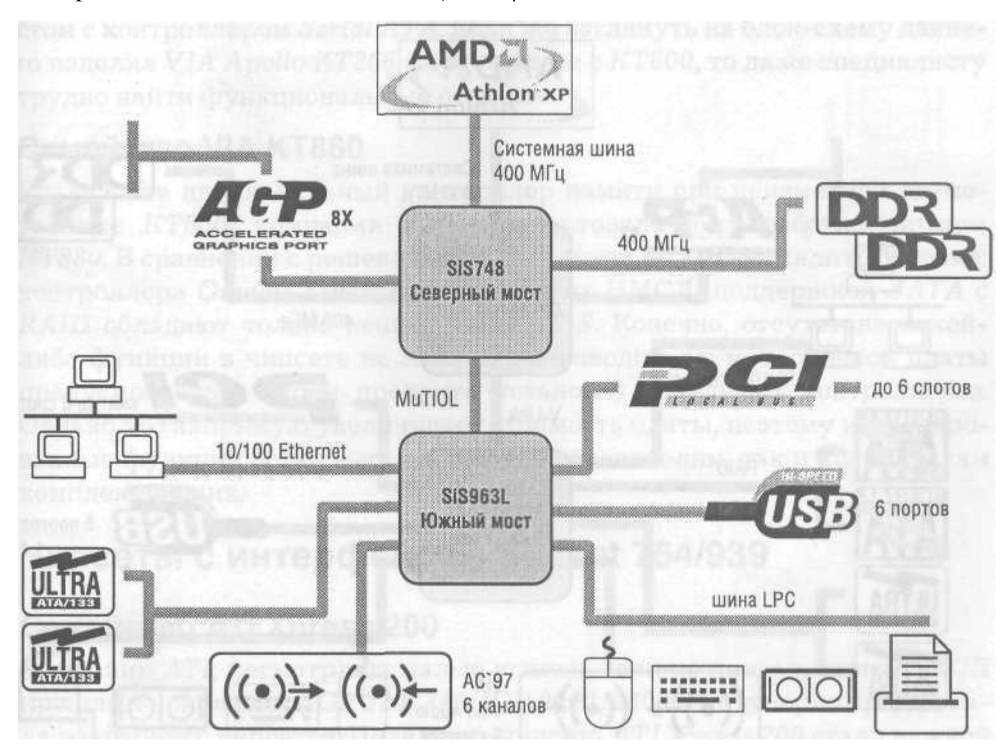
Принципиальная схема чипсета nForce2 400 SPP

деляется для шины *AGP8X* и устройств, подключенных к южному мосту. Особенно важен достаточный ресурс пропускной способности для южного моста *MCP-T,* укомплектованного различными медиаинтерфейсами под завязку.

Семейство SiS 741/748

В этом семействе позиции НМСЛ разделены так: *SiS 748* для высокопроизводительных компьютеров; *SiS 741* для дешевых систем. Оба НМСЛ поддерживают процессоры *Athlon XP* (интерфейс *Socket A).* Комбинация северного моста *SiS 748* и южного моста *SiS 963L* покрывает основные потребности платформы на базе процессора *AMD Athlon XP:* поддержка памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200,* системной шины с частотой 400 МГц, интерфейса *AGP8X,* шести портов *USB 2.0,* двух каналов *IDE* спецификации *ATA-133.*

Версия южного моста *SiS 963L* отличается от версии *SiS 963* отсутствием поддержки интерфейса *IEEE1394.* Обе модификации южного моста используют двунаправленную 16-битную шину *MuTIOL,* работающую на частоте 533 МГц, что обеспечивает пропускную способность соединения северного и южного мостов до 1,06 Гб/с.



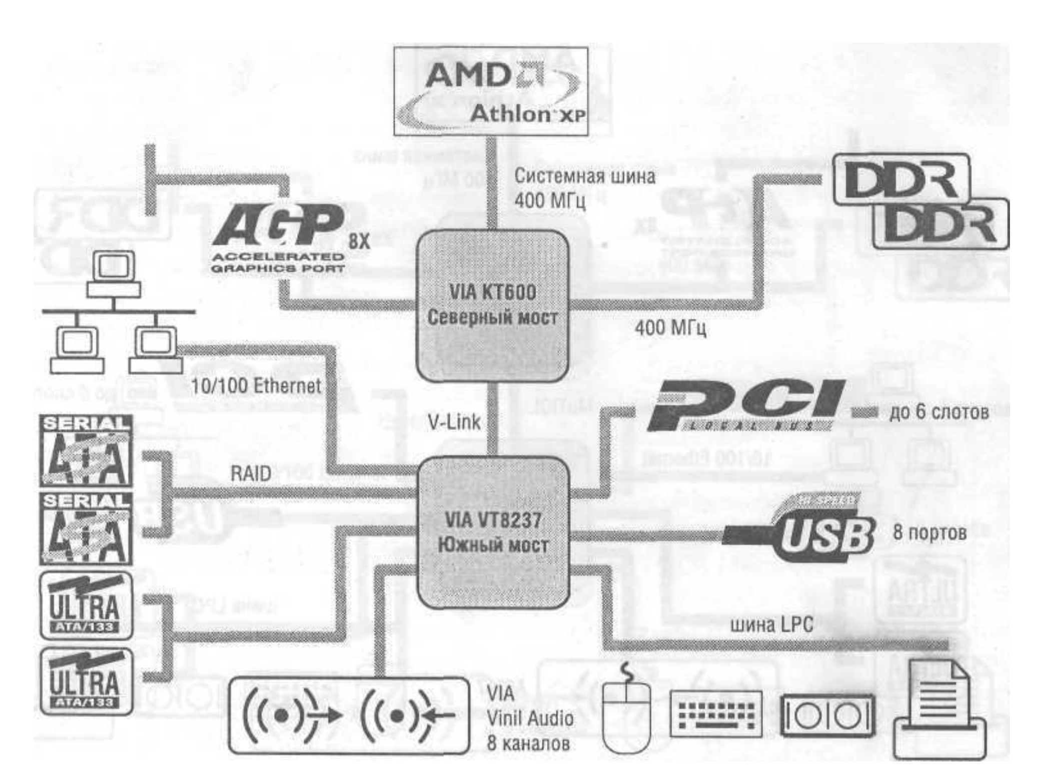
Принципиальная схема чипсета SiS 748

Важным элементом в поддержке дисковых массивов *RAID* является контроллер *SiS 180,* который расширяет возможности южного моста *SiS 963L.* Этот контроллер может работать в режиме дополнительного контроллера *IDE,* обеспечивая поддержку дополнительных каналов *ATA-133.* Таким образом, максимально поддерживаемое число накопителей *IDE* составляет восемь штук. Реализация массивов *RAID* 0, 1, 0+1 и *JBOD* осуществляется средствами контроллера *SiS 180 в* операционных системах *Windows XP* и *Windows 2000.*

Модификация *SiS 741* отличается от *SiS 748* наличием встроенного видеоускорителя *Real256E* поколения *DirectX 7.* В остальном функциональность чипсетов одинакова.

Семейство VIA KT600

Чипсет *KT600* стал последним этапом в развитии одноканальных НМСЛ фирмы *VIA* для платформы *AMD Athlon XP.* Основа схемотехники чипсета сложилась еще при разработке НМСЛ семейства *VIA KT400* и получила дальнейшее развитие в модификации *KT400A.* Основными направлениями развития архитектуры стали увеличение частоты системной шины,



Принципиальная схема чипсета VIA KT600

поддержка все более скоростных спецфикаций памяти *DDR SDRAM* и новых интерфейсов. В итоге спецификации *VIA KT600* выглядят так:

- частота системной шины до 400 МГц;
- одноканальная шина памяти *DDR SDRAM* спецификации *PC3200* объемом до 4 Гбайт;
- шина графического усокрителя *AGP8X;*
- южный мост *VT8237;*
- шина связи с северным мостом *V-Link* с пропускной способностью 533 Мбайт/с;
- встроенный аудиоинтерфейс *VIA Vinyl Six-TRAC;*
- встроенный интерфейс модема MC'97;
- встроенный сетевой контроллер *VIA MAC* 10/100 Мбит *Ethernet;*
- до шести устройств *PCI;*
- два канала *IDE* спецификации *ATA-133;*
- два канала *Serial ATA;*
- 8 портов *USB 2.0;*
- контроллер *Super I/O LPC.*

Таким образом, различия между *VIA KT600* и *KT400A* сводятся к поддержке системной шины с частотой 400 МГц и комплектацией южным мостом с контроллером *Serial ATA.* Если же взглянуть на блок-схему давнего изделия *VIA Apollo KT266* и сравнить ее с *KT600,* то даже специалисту трудно найти функциональные отличия.

Семейство VIA KT880

Реализовав двухканальный контроллер памяти при неизменной схемотехнике *KT600,* компания *VIA* отрапортовала о разработке чипсета *KT880.* В сравнении с решениями конкурентов *KT880* выглядит достойно: контроллера *Gigabit Ethernet* нет в других НМСЛ, поддержкой *SATA* с *RAID* обладают только южные мосты *SiS.* Конечно, отсутствие какой-либо функции в чипсете не мешает производителю материнской платы предусмотреть в своем продукте установку отдельных контроллеров. Однако это напрямую увеличивает стоимость платы, поэтому интегрированные функции более выгодны как производителям, так и покупателям комплектующих.

Чипсеты с интерфейсом Socket 754/939

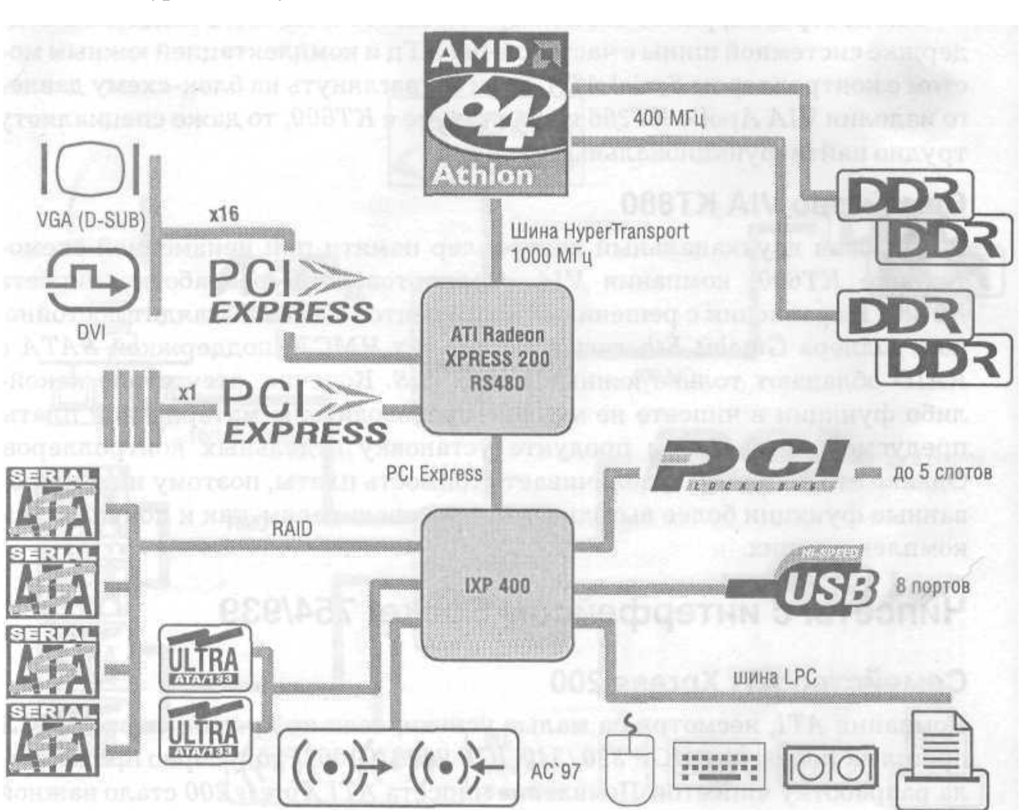
Семейство ATI Xpress 200

Компания *ATI,* несмотря на малые успехи, если не провал, своих НМСЛ прошлых поколений *(IGP 320/340, IGP 9000/9100/Pro)* упорно продолжала разработку чипсетов. Появление чипсета *ATI Xpress 200* стало важной вехой в истории компании, поскольку впервые появилось изделие с оригинальными архитектурными решениями.

Например, встроенный в северный мост контроллер шины *PCI Express* помимо графического порта *PCI Express 16x* поддерживает четыре порта *PCI Express lx* (в чипсетах других фирм контроллер портов *PCI Express lx* обычно встроен в южный мост). Решение *ATI* выглядит более логичным, поскольку теперь контроллер памяти связан с высокоскоростными устройствами *PCI Express* кратчайшим путем, обеспечивающим быстрый доступ к памяти. Северный мост поддерживает системную шину *HyperTransport* с частотой до 1 ГГц, а с южным мостом связан шиной *PCI Express*.

Модификации Xpress *200 (RS480)* и *Xpress 200P (RX480)* отличаются наличием встроенного графического ядра у первого. По функциональности встроенный видеоускоритель — аналог дискретного графического процессора *Radeon X300.* Напомним, что *X300* представляет собой вариант *Radeon 9600* с интерфейсом *PCI Express* и принадлежит к поколению *DirectX 9* (поддерживает вершинные и пиксельные шейдеры версии 2.0).

Особенностью контроллера памяти *RS480* является фирменная технология *HyperMemory.* Как известно, традиционно встроенный видеоуско-



Принципиальная схема чипсета ATI Radeon Xpress 200

ритель использует под кадровый буфер выделенную область системной памяти. Недостатком такого режима *(UMA — Unified Memory Arc hitecture)* является снижение общей производительности. Контроллеру памяти приходится чередовать обращения процессора и видеоускорителя. В семействе *Xpress 200* на системной плате устанавливается выделенная видеопамять, которая используется под буфер кадров (объемом до 128 Мбайт). Впрочем, даже при наличии выделенной памяти предусмотрена работа в режиме *UMA.*

Южные мосты до сих пор были слабым элементом НМСЛ производства *ATI.* Но в семействе *Xpress 200* появился южный мост *IXP400,* который поддерживает:

- до пяти *Bus-master* устройств *PCI;*
- до 4 каналов *SATA* с возможностью организации двух независимых RAID-массивов уровней 0 и 1;
- до 4 устройств (2 канала) *ATA-133;*
- до 8 устройств *USB 2.0;*
- аудиоинтерфейс *AC'97;*
- контроллер *LPC* для низкоскоростной устаревшей периферии.

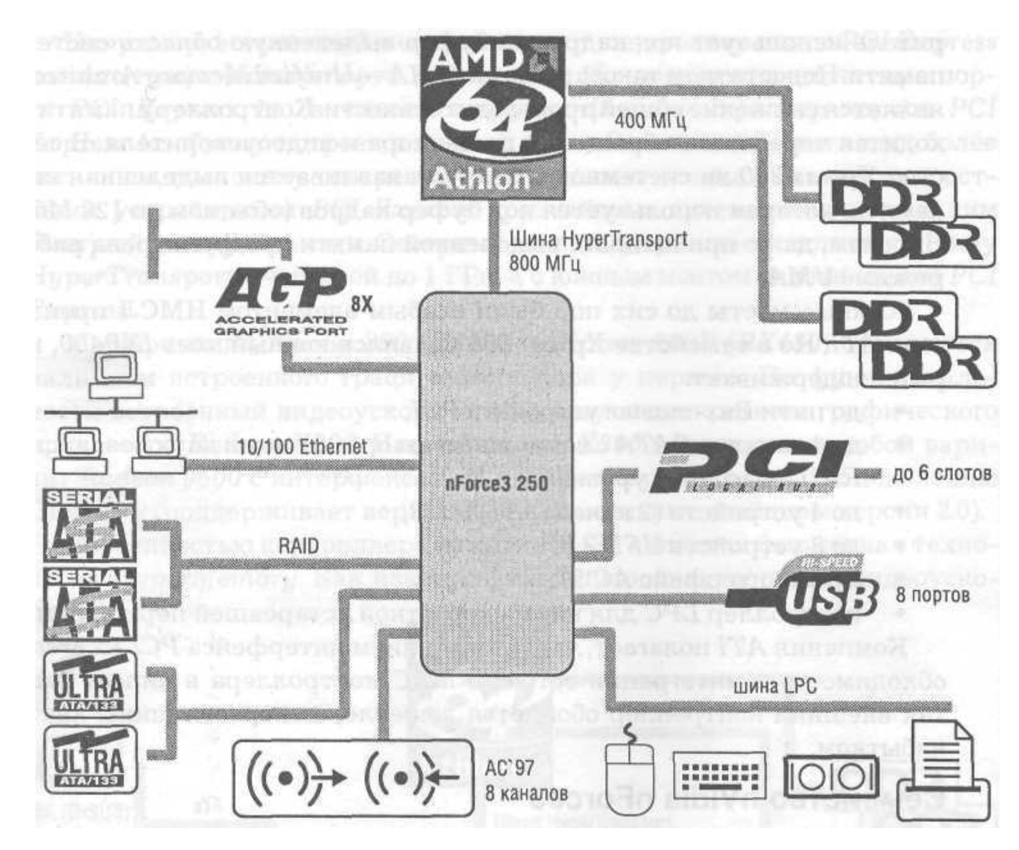
Компания *ATI* полагает, что с появлением интерфейса *PCI Express* необходимость в интеграции сетевого *MAC*-контроллера в чипсет отпала, так внешний контроллер обойдется дешевле, а скорости шины хватит с избытком.

Семейство nVidia nForce3

Семейство чипсетов *nVidia nForce3* представлено модификациями 150, 250, 250Gb, *Ultra.* Функциональность *nForce3 250* такова:

- системная шина *HyperTransport* с разрядностью 16/16 бит и частотой до 300 МГц;
- шина графического ускорителя *AGP8X;*
- до шести устройств на шине *PCI;*
- два канала *IDE* для четырех устройств *ATA-133;*
- два порта *Serial ATA* с технологией *RAID* 0, 1, 0+1;
- сетевой *MAC*-контроллер 10/100 Мбит/с *(nForce3 250)* или 10/100/1000 Мбит/с *(nForce3 250Gb);*
- программно-аппаратный брандмауэр *(nEorce3* 250Gb);
- 8 портов *USB 2.0;*
- аудиоинтерфейс AC'97;
- поддержка низкоскоростной периферии контроллером *LPC.*

Привилегией модификации *nForce3 Ultra,* является поддержка системной шины с частотой 1 ГГц. Этот чипсет позиционируется в качестве решения для платформ на базе *Athlon 64 FX,* хотя привязка чипсета к конкретной линейке процессоров архитектуры *AMD64* — ход чисто маркетинговый, никак не зависящий от архитектуры НМСЛ.



Принципиальная схема чипсета nForce3 250

Модификация *150* уступает более поздним решениям в области поддержки накопителей: хотя *nForce3 150* имеет три канала *IDE*-контроллера, в нем отсутствуют порты *Serial ATA.* В модификациях *nForce3 250/Ultra* имеется два канала *ATA-133* и четыре канала *SATA* (в максимальной конфигурации). По возможностям создания *RAID*-массивов *nForce3 250* выглядит очень солидно. Поддерживаются режимы 0, 1, 0+1 и *JBOD,* а диски в RAID-массивы можно собрать от любых встроенных контроллеров, например, один *ATA-133* и три *SATA.* Для *RAID*-массивов уровней 1 и 0+1 можно добавить резервные диски, которые автоматически подключаются вместо сбойного. Встроенный аудиоинтерфейс компания *nVidia* также усовершенствовала, расширив стандартные возможности *AC'97* до 8 каналов. В сочетании с современными кодеками можно действительно получить звук 7.1, но его качество уступает *Intel High Definition Audio.*

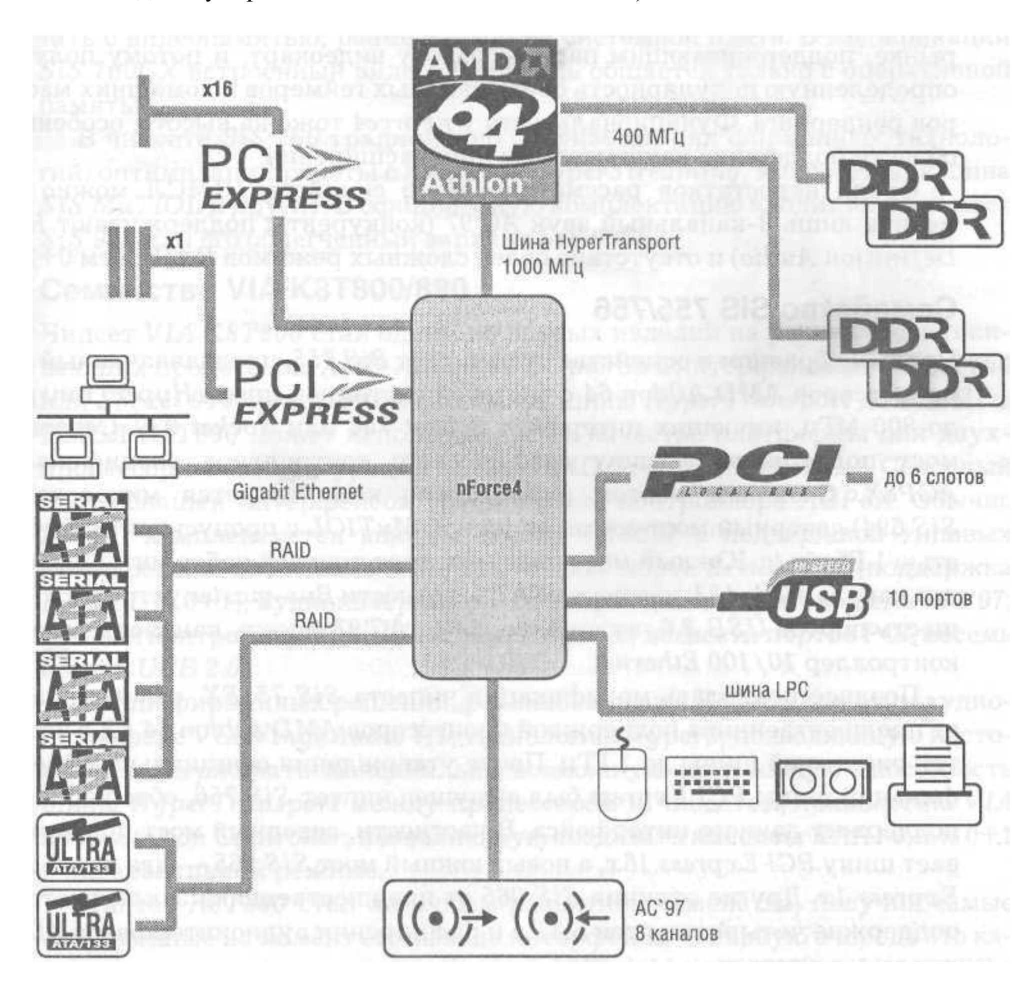
Семейство nVidia nForce4

Очередное поколение чипсетов компании *nVidia* для платформы *AMD Athlon 64* представлено тремя продуктами. Базовая модификация имену-

ется *nForce4,* версия с расширенной функциональностью *nForce4 Ultra,* и наконец, модификация с двумя портами шины графического контроллера — *nForce4 SLI.*

Семейство НМСЛ *nForce4* обеспечивает следующую функциональность (версия *SLI):*

- системная шина *HyperTransport* с частотой работы 1 ГГц;
- графический интерфейс *PCI Express 16x* с возможностью разделения на два канала *PCI Express 8x* при установке двух видеокарт в модификации *SLI;*
- контроллер, обеспечивающий работу двух видеоускорителей в режиме *SLI;*
- до 3 портов *PCI Express 1x;*
- до 6 устройств *Bus-master* на шине *PCI;*



Принципиальная схема чипсета nForce4

- до 4 портов *SATA2* с пропускной способностью 300 Мбит/с;
- до 4 устройств (два канала) *ATA-133;*
- возможность организации *RAID*-массива уровней 0, 1 и 0+1 из дисков, подключенных к любым из встроенных *ATA*-контроллеров;
- до 10 устройств *USB 2.0;*
- сетевой *MAC*-контроллер 10/100/1000 Мбит/с *(Gigabit Ethernet)* с поддержкой функций программно-аппаратного брандмауэра;
- аудиоинтерфейс *AC'97* (7.1) и *MC'97*-модем;
- контроллер *LPC* для низкоскоростной и устаревшей периферии.

Чипсет *nForce4 Ultra* отличается от модификации *nForce4 SLI* отсутствием поддержки второй видеокарты. Базовая модификация *nForce4* имеет контроллер спецификации *SATA150,* и в ней отсутствует аппаратный блок брандмауэра.

Некоторое время НМСЛ *nForce4 SLI* был единственным чипсетом на рынке, поддерживающим парную работу видеокарт, и потому получил определенную популярность среди заядлых геймеров и домашних мастеров рендеринга. Функциональность у *nForce4* тоже на высоте, особенно в области поддержки накопителей и шин расширения.

Среди недостатков рассматриваемого семейства НМСЛ можно отметить лишь 8-канальный звук *AC'97* (конкуренты поддерживают *High Definition Audio)* и отсутствие более сложных режимов *RAID,* чем 0+1.

Семейство SiS 755/756

Первым образцом в семействе стал чипсет *SiS 755,* предназначенный для процессоров *AMD Athlon 64* с частотой системной шины *HyperTransport* до 800 МГц, имеющих интерфейс *Socket 754* или *Socket 939.* Северный мост поддерживает шину графического контроллера спецификации *AGP8X. С* южным мостом (официально комплектуется микросхемой *SiS 694)* северный мост соединен шиной *MuTIOL* с пропускной способностью 1 Гбайт/с. Южный мост поддерживает типовой набор интерфейсов: два канала *ATA-133,* два порта *SATA,* до шести *Bus-master* устройств *PCI,* шесть портов *USB 2.0,* аудиоинтерфейс *AC'97* (шесть каналов), сетевой контроллер *10/100 Ethernet.*

Позднее появилась модификация чипсета *SiS 755FX,* отличающаяся от предшественника поддержкой процессоров *AMD Athlon 64 FX* с частотой системной шины до 1 ГГц. После утверждения официальных спецификаций шины *PCI Express* был выпущен чипсет *SiS 756,* обеспечивший поддержку данного интерфейса. В частности, северный мост поддерживает шину *PCI Express 16x,* а новый южный мост *SiS 965* — два порта *PCI Express 1x.* Другие отличия *SiS 965* от предшественника заключаются в поддержке четырех портов *SATA* и расширении аудиоинтерфейса *AC'97* до восьми каналов.

Семейство SiS 760

Чипсет *SiS 760* стал первым изделием компании *SiS* с интегрированной графикой для платформы *AMD64* с частотой системной шины до 800 МГц. Известно, что чипсеты со встроенной графикой позиционируются в качестве платформы для недорогих компьютеров, где производительность видеосистемы в трехмерных приложениях некритична. Однако процессоры *AMD Athlon 64* имеют очень высокую производительность и весьма недешевы. Поэтому сочетание дорогого производительного процессора и дешевой платформы со встроенной графикой выглядит необычно. Интегрированное графическое ядро *SiS Ultra256 (Mirage 2)* относится к поколению *DirectX 8.1 и* поддерживает шейдеры версии 1.3, но его эффективность в сравнении с дискретными графическими процессорами оставляет желать лучшего. В базовом варианте графическое ядро умеет работать с видеопамятью, размещенной на системной плате. В модификации *SiS 760GX* встроенный видеоускоритель общается только с оперативной памятью.

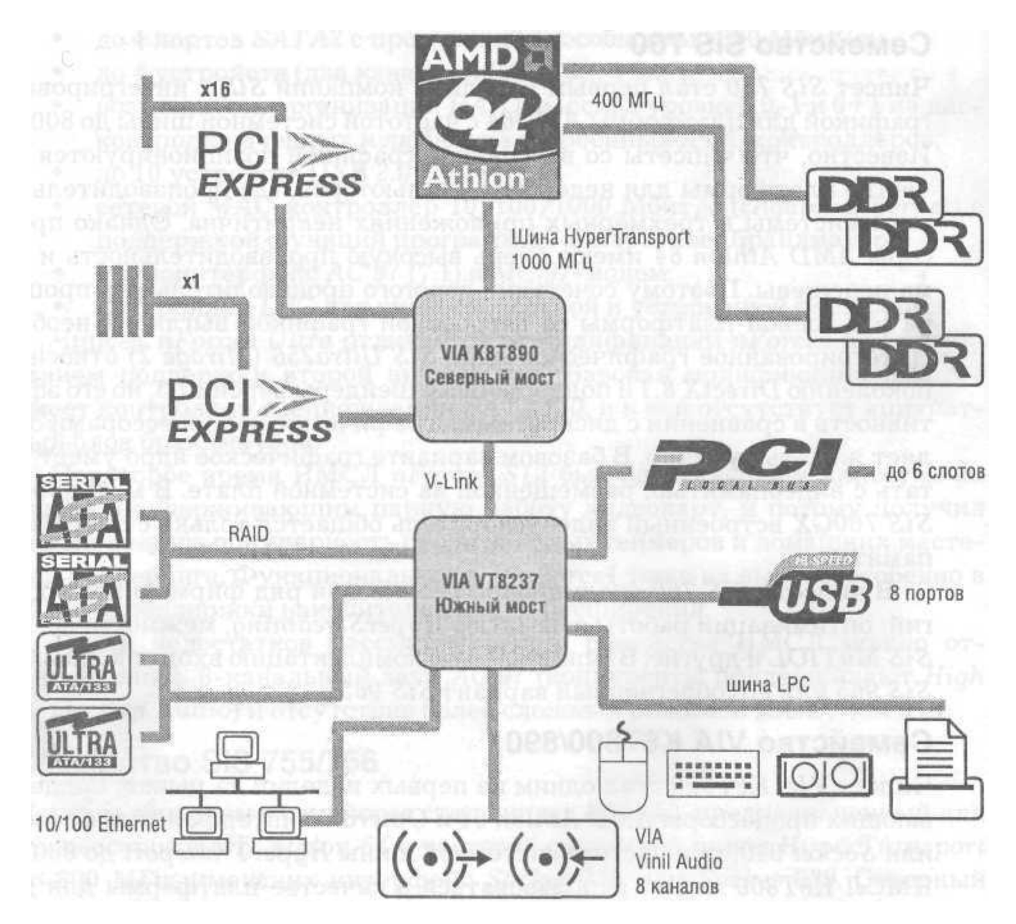
В чипсете *SiS 760* традиционно реализован ряд фирменных технологий: оптимизации работы с памятью *HyperStreaming,* межмостовая шина *SiS MuTIOL* и другие. В официальную комплектацию входит южный мост *SiS 965* или его облегченный вариант *SiS 965L.*

Семейство VIA K8T800/890

Чипсет *VIA K8T800* стал одним из первых изделий на рынке, поддерживающих процессоры *AMD Athlon 64* и *Opteron* с интерфейсами *Socket 754* или *Socket 940,* при частоте системной шины *HyperTransport* до 800 МГц. НМСЛ *K8T800* может использоваться в качестве платформы для двухпроцессорных конфигураций на базе *AMD Opteron (Socket 940).* Северный мост оснащен интерфейсом графического контроллера *AGP8X.* Обычно НМСЛ комплектуется южным мостом *VT8237* с поддержкой типовых интерфейсов: два канала *ATA-133;* четыре порта *Serial ATA* (поддержка *RAID* 0, 1, 0+1); аудиоинтерфейс *VIA Vinyl7.l;* интерфейс модема *MC'97;* сетевой контроллер *VIA 10/100 Fast Ethernet;* до шести портов *PCI;* восемь портов *USB 2.0.*

Среди фирменных решений, реализованных в *K8T800,* отметим аудиоинтерфейс *VIA Vinyl Audio 7.1;* технологию *Hyper8,* позволяющую постоянно поддерживать максимально возможную пропускную способность шины *HyperTransport* между процессором и чипсетом; технологию *VIA DriveStation Controller,* позволяющую создавать массивы *RAID* 0, 1 и 0+1 в интерактивном режиме.

Чипсет *K8T890* стал логичным развитием семейства, получив самые современные на момент его выхода интерфейсы. В первую очередь это касается поддержки процессоров серий *AMD Athlon 64, AMD Athlon 64 FX* и



Принципиальная схема чипсета VIA K8T890

AMD Opteron в исполнении *Socket 754, Socket 939* и *Socket 940* с частотой системной шины до 1 ГГц. Чипсеты серии *K8T890* построены на архитектуре *VIA Flex Express,* обеспечивающей поддержку современных графических карт с шиной *PCI Express 16x,* а также до четырех портов *PCI Express lx.* НМСЛ *K8T890* имеет асинхронную организацию шины *Ultra V-link,* которая обеспечивает обмен данными между северным и южным мостами на скорости до 1 ГБ/с, а также поддерживает технологию *VIA Hyper8,* подразумевающую поддержку 16-битной шины *HyperTransport* с тактовой частотой до 1 ГГц. Обычно северный мост *K8T890* комплектуется южным мостом *VT8237,* параметры которого описаны выше. На рынке предлагаются системные платы с южным мостом *VT8251,* параметры которого выглядят следующим образом:

- два порта *PCI-Express lx;*
- четыре порта *SATA2;*
- два порта *IDE* спецификации *ATA-133;*

- поддержка технологий *RAID* уровней 0, 1, 0+1 и *JBOD;*
- восемь портов *USB 2.0;*
- сетевой контроллер *VIA 10/100 Ethernet;*
- контроллер *High Definition Audio,* 8 каналов;
- аудиоинтерфейс *AC97,* 6 каналов.

Кроме базовой версии чипсета, в семействе имеется расширенный вариант *VIA K8T890 Pro.* На практике разница сводится к применению в версии *Pro* технологии *DualGFX Express Graphics,* что означает разводку платы под две графические карты с шиной *PCI Express 16x* (с разделением линий 12+4). Таким несимметричным решением компания *VIA* продвигает технологию работы с двумя графическими подсистемами для разных задач с поддержкой множества мониторов. При этом карта на шине *PCI Express 8x* будет использоваться для тяжелых трехмерных приложений, а *PCI Express 4x* — для вспомогательных приложений.

Как всегда, компания *VIA* включает в семейство версии с интегрированным графическим ядром — *K8M890* и *K8N890.* Оба варианта оснащены встроенным графическим контроллером *DeltaChrome* поколения *DirextX 9.*

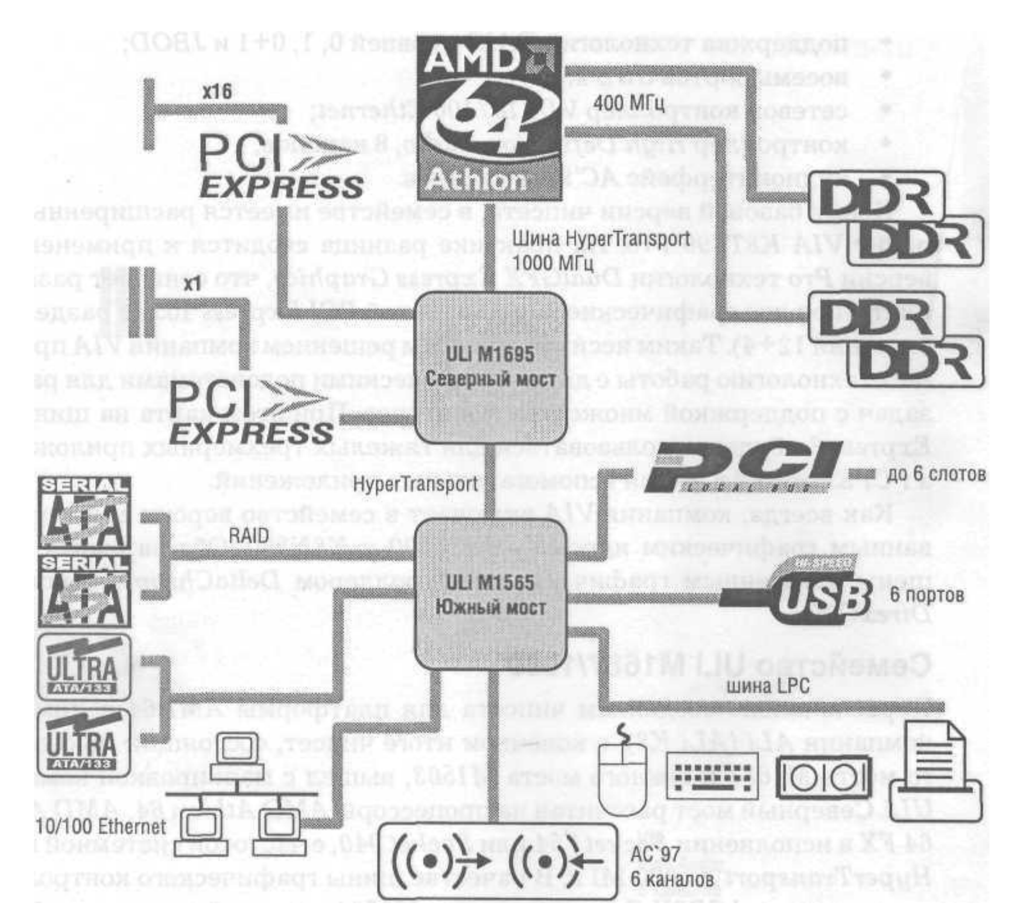
Семейство ULi M1687/1689

Первоначально созданием чипсета для платформы *AMD64* занималась компания *ALi (ALi K8);* в конечном итоге чипсет, состоящий из северного моста *M1687* и южного моста *M1563,* вышел с маркировкой компании *ULi.* Северный мост рассчитан на процессоры *AMD Athlon 64, AMD Athlon 64 FX* в исполнении *Socket 754* или *Socket 940,* с частотой системной шины *HyperTransport* до 800 МГц. В качестве шины графического контроллера используется *AGP8X.* С южным мостом *M1564* северный мост связан 8-битным каналом *HyperTransport* с пропускной способностью до 1,6 Гбайт/с. Функциональность южного моста типична для своего времени: два канала *IDE* спецификации *ATA-133,* шесть портов *USB 2.0,* сетевой контроллер *10/100 Ethernet* и *HomePNA,* аудиоинтерфейс *AC'97,* до шести устройств *PCI.* Отличительная особенность южного моста — поддержка флэш-памяти спецификаций *Memory Stick* и *SD.*

Позднее компания *ULi* представила чипсет *M1689,* объединивший в одной микросхеме северный и южный мосты. Функциональность чипсета расширена за счет поддержки двух портов *SATA* и восьми портов *USB 2.0.*

Семейство ULi M1697/1695

Компания *ULi* разработала чипсет *M1697* для поддержки процессоров архитектуры *AMD64* в исполнении *Socket 939* с частотой системной шины *HyperTransport* до 1 ГГц. В одну микросхему упакованы блоки, обеспечивающие полную функциональность платформы: шина *AGP8X,* два канала



Принципиальная схема чипсета ULi M1687

IDE спецификации *ATA-133,* два порта *SATA2* (с технологией *RAID* 0, 1 и 0+1), контроллер *HD Audio,* шесть портов *USB 2.0,* сетевой контроллер *10/100 Ethernet MAC.* Реализована поддержка средств аппаратной защиты компьютера от несанкционированного доступа спецификации *TPM (Trusted Platform Module).*

Одновременно с *M1697* в семействе появился северный мост *M1565,* который поддерживает один порт *PCI Express 16x* или два порта *PCI Express 8x.* В комплект к нему предназначен южный мост *M1695,* о котором говорилось выше.

Система памяти

- Типы памяти
- Особенности архитектуры памяти
- Перспективная и альтернативная память
- Параметры памяти

Обычно под системной понимают лишь оперативную память. На самом деле работоспособность всей компьютерной системы зависит от характеристик подсистемы памяти в целом. Подсистема памяти охватывает:

- оперативную память как таковую;
- кэш-память процессора;
- контроллер памяти;
- шины данных и команд, объединяющие все элементы подсистемы в единое целое.

Рост требуемых объемов оперативной (системной) памяти происходит практически непрерывно по мере развития технологии аппаратных средств и программных продуктов. Сегодня повсеместным стандартом становится объем 512 Мбайт. При 256 Мбайт еще обеспечиваются минимально необходимые условия функционирования современных операционных систем.

Однако операционная система при недостатке памяти формирует на жестком диске файл подкачки, куда «складывает» блоки, не влезающие в оперативную память. Обращение к файлу подкачки в десятки и сотни раз замедляет работу приложений.

Для комфортной работы в среде издательских пакетов и графических редакторов понадобится не менее 512 Мбайт. Если же работать с цветом, то 1024 Мбайт оперативной памяти не покажутся излишними. Для профессиональной работы по созданию трехмерных изображений высокого качества, обработки видео в режиме реального времени лучше иметь не менее 2048 Мбайт. Те же правила относятся и к кэш-памяти. Чем больше емкость кэш-памяти, тем эффективней работает подсистема памяти в целом.

Типы памяти

Динамическая и статическая память



Схема ячейки динамической памяти

Схема ячейки статической памяти

Память, применяемая для временного хранения инструкций и данных в компьютерной системе, получила название *RAM (Random Access Memory* — память с произвольной выборкой), потому что обращение происходит в любой момент времени к произвольно выбранной ячейке. Память этого класса подразделяется на два типа — с динамической *(Dynamic RAM, DRAM)* и статической *(Static RAM, SRAM)* выборкой. В первом случае значение бита информации в ячейке определяется наличием или отсутствием заряда на миниатюрном конденсаторе (управляемом транзисторами).

В статической памяти применены специальные элементы — триггеры (имеющие два устойчивых состояния), реализованные на 4—6 транзисторах. Естественно, что из-за необходимости ожидания накопления (стекания) заряда на конденсаторе быстродействие *DRAM* ниже. Однако благодаря большему числу транзисторов на ячейку память *SRAM* существенно дороже. Обычно модули *DRAM* применяют в оперативной и видеопамяти, а модули *SRAM* — в качестве быстрых буферных *(Cash)* элементов в процессорах, на материнских платах, в жестких дисках, приводах *CD-ROM* и прочих устройствах.

Статическая память

Ячейкой в статической памяти является триггер — логический элемент с двумя устойчивыми состояниями, в любом из которых он сохраняется до тех пор, пока подается питание. Время срабатывания триггера составляет в современных микросхемах единицы наносекунд. Однако плотность компоновки ячеек *SRAM* существенно ниже, чем в микросхемах *DRAM,* а стоимость производства выше, поэтому статическая память применяется лишь в наиболее ответственных компонентах.

В современных системах обычно используется конвейерный режим с пакетным способом передачи данных *(Pipelined Burst Cache),* организованный на микросхемах статической памяти с синхронным доступом.

Необходимым элементом подсистемы памяти является так называемая кэш-память (от английского *Cache* — запас). Она служит в качестве буферной «емкости» при обмене данными между процессором и опера-

тивной (системной) памятью. Так как кэш организован на микросхемах типа *SRAM (Static Random Access Memory* — статическая память с произвольным доступом), которые работают примерно на порядок быстрее микросхем памяти типа *DRAM,* процессор обрабатывает данные из кэш-памяти сразу, практически не тратя рабочие циклы на ожидание доступа. Это достигается методом копирования данных из ОЗУ в кэш при первичном обращении процессора к ним. В случае повторного обращения к тем же данным они уже поступают из кэша. Обратная операция происходит при записи данных в память.

Расположенную на системной плате кэш-память обычно относят ко второму уровню *(Level 2),* так как во всех процессорах (начиная с модели *Intel 80486)* имеется встроенная, аналогично организованная кэш-память первого уровня *(Level 1).* Современные модели процессоров *Intel* и *AMD* имеют кэш-память второго уровня в ядре самого процессора.

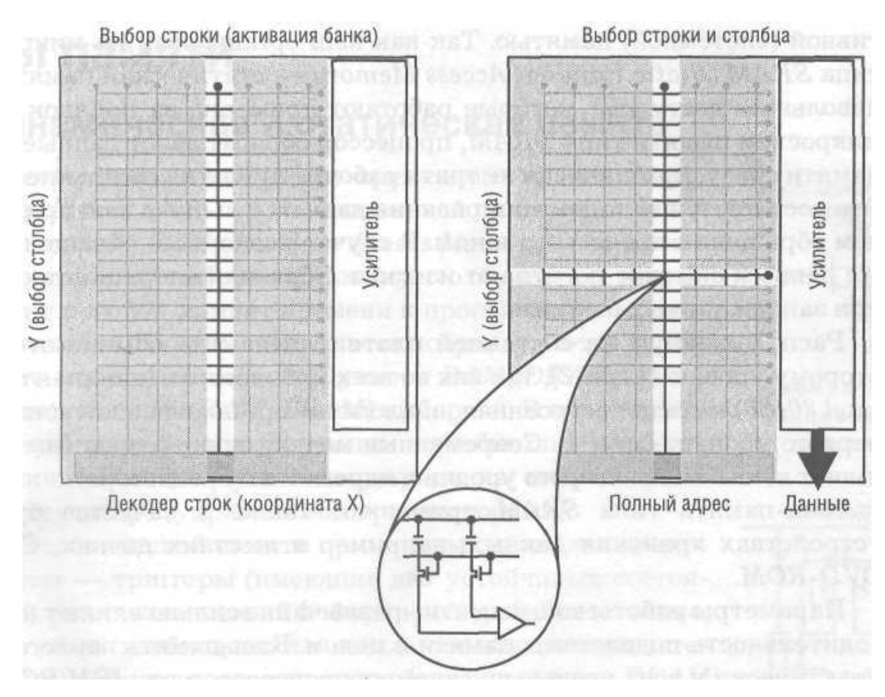
Кэш-память типа *SRAM* применяют также в качестве буфера в устройствах хранения данных, например в жестких дисках, *CD-ROM, DVD-ROM.*

Параметры работы кэш-памяти чрезвычайно сильно влияют на производительность подсистемы памяти в целом. Кэш-память первого уровня практически у всех ныне выпускаемых процессоров для *IBM PC* работает на частоте ядра. Однако объем такой памяти сравнительно невелик и обычно составляет 16—128 Кбайт, которые, как правило, делят пополам между адресами и данными. Сложнее обстоит дело с кэш-памятью второго уровня.

Обеспечить стабильную работу *SRAM* большой емкости на высоких частотах чрезвычайно трудно, так как количество транзисторов, выделяющих энергию во время переключений, нередко превышает число таковых в ядре процессора. Для решения этой проблемы найдено два обходных пути. Во-первых, на изделиях для массового рынка объем кэш-памяти, интегрированной в ядре процессора, уменьшается до приемлемых величин. Во-вторых, ужесточение технологических норм позволяет увеличить объем кэша.

Динамическая асинхронная память DRAM

Для доступа к той или иной ячейке памяти необходимо указать ее адрес. Поскольку ячейки памяти образуют матрицу, то для задания адреса ячейки нужно указать номер столбца (адрес столбца) и номер строки (адрес строки). Считывание адреса строки происходит, когда на входы матрицы памяти подается специальный стробирующий импульс *RAS (Row Address Strobe),* а считывание адреса столбца — при подаче стробирующего импульса *CAS (Column Address Strobe).* Импульсы *RAS* и *CAS* подаются последовательно друг за другом, причем импульс *CAS* всегда подается после



Адресация DRAM

импульса *RAS,* то есть сначала происходит выбор строки, а затем выбор столбца. Адрес строки и столбца передается по специальной мультиплексированной шине адреса *MA (Multiplexed Address).* Такая организация памяти позволяет получить доступ к любой ячейке памяти, что отражено в названии: динамическая память с произвольным доступом *(Dynamic Random Access Memory, DRAM).*

Асинхронный интерфейс работы динамической памяти предусматривает наличие отдельного устройства в контроллере памяти для генерации управляющих сигналов. Для операций чтения/записи определяется продолжительность, величина которой зависит от технологии изготовления микросхемы, ширины шины данных, наличия буфера и других параметров.

Внутри каждого типа операций устанавливаются параметры сигналов стробирования различных команд и необходимых задержек с таким расчетом, чтобы сигнал любой команды обязательно прошел до завершения операции в целом. Таким образом, каждый цикл внутри операции имеет продолжительность, отличную от других циклов. Никакая последующая операция не может быть начата до получения сигнала об окончании предыдущей.

Для генерации необходимых импульсов контроллер асинхронной памяти должен иметь делитель, вырабатывающий сигналы необходимой

частоты для каждой операции внутри цикла. Очевидно, что указанные параметры работы асинхронной памяти не способствуют повышению ее быстродействия.

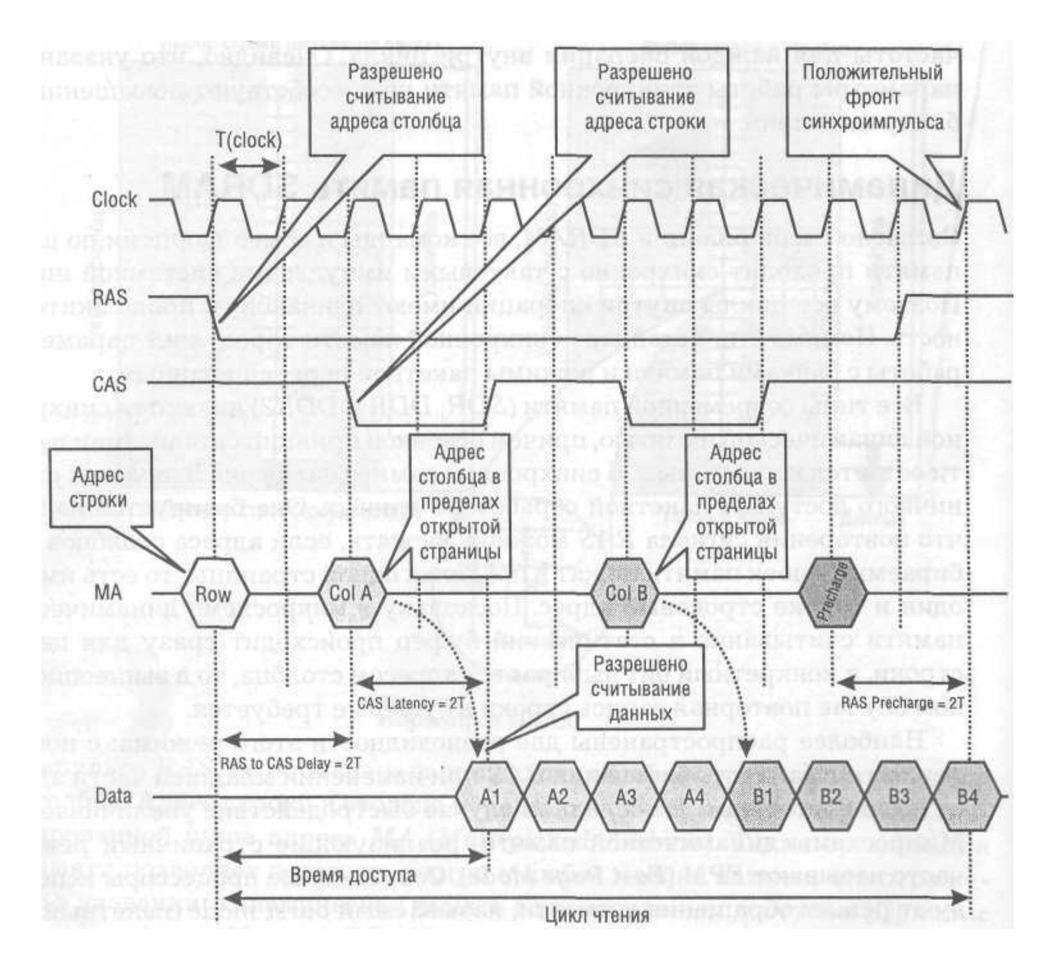
Динамическая синхронная память SDRAM

Согласно спецификации *SDRAM,* все команды и обмен данными по шине памяти проходят синхронно с тактовыми импульсами системной шины. Поэтому все циклы внутри операции имеют одинаковую продолжительность. Помимо этого стандарт синхронной памяти определяет параметры работы с банками памяти и режимы пакетной передачи данных.

Все типы современной памяти *(SDR, DDR* и *DDR2)* являются синхронной динамической памятью, причем основной принцип организации памяти остается неизменным. В синхронной памяти заложена идеология страничного доступа с пакетной обработкой данных. Она базируется на том, что повторения сигнала *RAS* можно избежать, если адреса столбцов выбираемых ячеек памяти лежат в пределах одной страницы, то есть имеют один и тот же строковый адрес. Поскольку в микросхеме динамической памяти считывание в статический буфер происходит сразу для целой строки, а конкретный бит выбирается адресом столбца, то в вышеописанном случае повторная запись строки в буфер не требуется.

Наиболее распространены две разновидности этого режима: с повторением сигнала стробирования *CAS* при изменении младшей части адреса и без повторения. В последнем случае быстродействие увеличивается. Микросхемы динамической памяти, реализующие страничный режим, часто называют *FPM (Fast Page Mode).* Современные процессоры используют режим обращения к памяти, называемый *burst mode* (пакетный режим). При чтении одного слова микропроцессор считывает вместе с ним еще три, расположенные рядом. Это позволяет ускорить пакетную передачу данных, но только в случае, когда весь блок данных или его часть находится внутри одной строки матрицы. Для этого в микросхеме *SDRAM*-памяти имеется счетчик для наращивания адресов столбцов ячеек памяти с целью обеспечения быстрого доступа к ним. Длина пакета *(Burst Length, BL)* может варьироваться и достигать длины всей страницы.

Как уже говорилось, в синхронной памяти между подачей стробирующих импульсов *CAS* и *RAS,* то есть между моментами считывания адреса строки и адреса столбца в пределах выбранной строки имеется определенная задержка, измеряемая в периодах синхроимпульсов. Эта задержка называется *RAS to CAS Delay* и для синхронной памяти варьируется от 2 до 3 тактов. Аналогичным образом после подачи сигнала *CAS* и до появления первого элемента данных на шине проходит определенный временной промежуток, измеряемый в тактах и именуемый *CAS Latency (CL).* Каждый последующий элемент данных появляется на шине данных



Доступ к данным в синхронной памяти

в очередном такте. Для памяти *SDRAM* эта задержка может составлять 2 или 3 такта. *CAS Latency* является одной из основных характеристик и указывается на модулях памяти. Завершение цикла обращения к банку памяти осуществляется посредством команды деактивации, которая подается за 1 или за 2 такта перед выдачей последнего элемента данных. Время деактивации *RAS Precharge* также измеряется в тактах и может быть равно двум или трем тактам. Параметры *RAS to CAS Delay (Trcd), CAS Latency (Tel)* и *RAS Precharge (Trp)* определяют тайминг памяти, записываемый в виде последовательности *Tcl-Trcd-Trp.*

Кроме организации страничного доступа с пакетной обработкой данных, в SDRAM-памяти используется деление всей памяти на четыре независимых банка *(Bank0, Bankl, Bank2, BankЗ),* что позволяет совмещать выборку данных из одного банка с установкой адреса в другом банке, то есть одновременно могут быть открытыми несколько страниц. Доступ к

этим страницам чередуется *(Bank Interleaving),* что приводит к устранению задержек и обеспечивает создание непрерывного потока данных.

Память принято характеризовать различными параметрами, важнейшим из которых является пропускная способность, определяющая максимальное количество байтов, передаваемых по шине данных за одну секунду. Чтобы определить пропускную способность памяти, частоту шины памяти (то есть частоту, с которой может происходить считывание данных) нужно умножить на количество байтов, передаваемых за один такт. Память *SDRAM* имеет 64-битную (8-байтную) шину данных, поэтому пропускная способность *SDRAM-памяти* определяется по формуле:

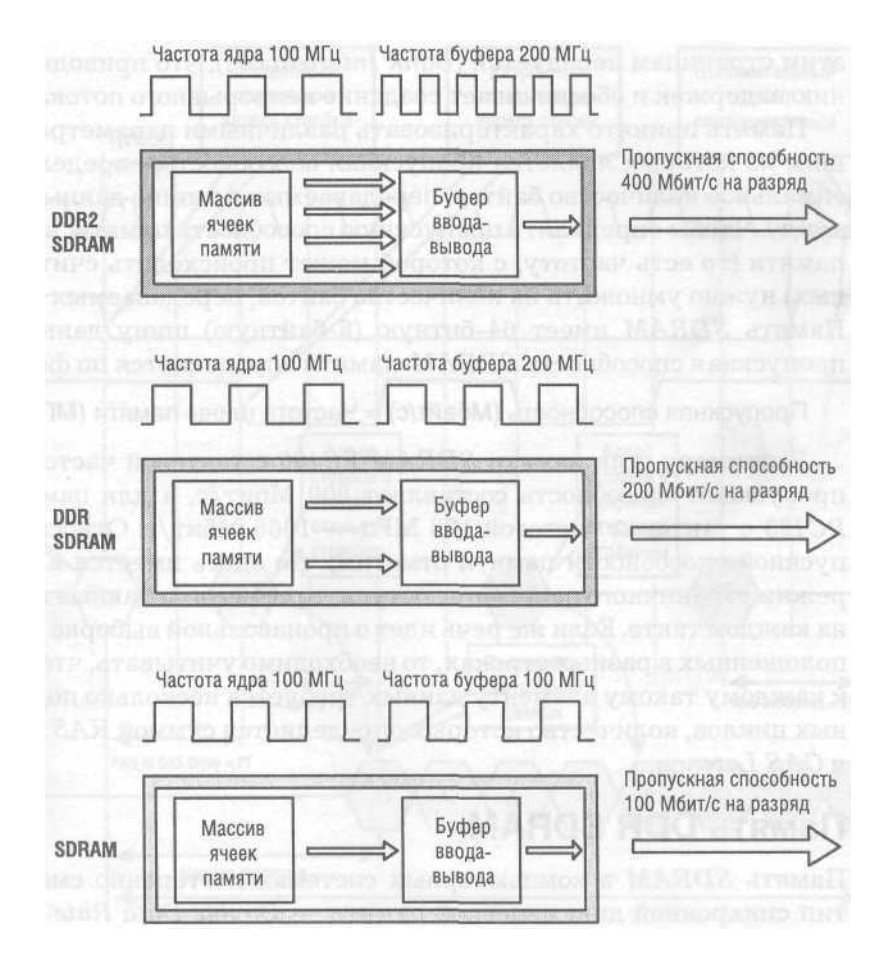
Пропускная способность (Мбайт/с) = Частота шины памяти (МГц) x 8 байт

К примеру, для памяти *SDRAM PC100* с тактовой частотой 100 МГц пропускная способность составляет 800 Мбит/с, а для памяти *SDRAM PC133* с тактовой частотой 133 МГц — 1066 Мбит/с. Относительно пропускной способности памяти отметим, что здесь имеется в виду только режим страничного пакетного доступа, то есть когда данные считываются на каждом такте. Если же речь идет о произвольной выборке данных, расположенных в разных строках, то необходимо учитывать, что для доступа к каждому такому элементу данных требуется несколько подготовительных циклов, количество которых определяется суммой *RAS to CAS Delay* и *CAS Latency*.

Память DDR SDRAM

Память *SDRAM* в компьютерных системах постепенно сменяет другой тип синхронной динамической памяти — *Double Data Rate SDRAM* (память с удвоенной скоростью передачи данных). Как известно, увеличение тактовой частоты в два раза ведет к двойному увеличению скорости передачи данных, однако повышение частоты работы ядра памяти связано с определенными трудностями. Прежде всего, сказывается инерционность конденсатора — основного элемента динамической памяти. Кроме того, динамическая память требует периодической регенерации, чтобы восстанавливать заряды конденсаторов, что занимает определенное время. Поэтому тактовые частоты ядра в памяти *DDR* выросли незначительно: со 100 МГц до 200 МГц. Однако буферы ввода-вывода *(I/O buffer)* работают на удвоенной частоте.

Каждая команда чтения приводит к передаче за один такт двух бит в буфер ввода-вывода. Далее в режиме мультиплексирования по времени эти биты передаются на шину данных, но уже с удвоенной частотой, то есть за каждый такт передается по два бита. Фактически передача по шине данных происходит по положительному и отрицательному фронтам тактирующих импульсов, что в итоге и приводит к удвоенной скорости



Сравнение пропускной способности различных типов памяти

передачи. Для осуществления такого способа передачи необходимо, чтобы каждая команда чтения приводила к выбору двух битов из массива памяти. Первый бит выбирается по положительному фронту тактирующего импульса, а второй — по отрицательному. Такой способ передачи получил название *prefetch of 2* (предвыборка 2).

Для передачи двух бит за такт используют две разделенные линии передачи данных от первичных усилителей к буферам ввода-вывода. После этого биты данных мультиплексируются по времени и передаются на удвоенной частоте на шину данных, причем именно в том порядке, в котором они поступили в буфер ввода-вывода. При этом команды тактируются так же, как и прежде (то есть как в обычной *SDRAM*-памяти), по положительному фронту тактового импульса.

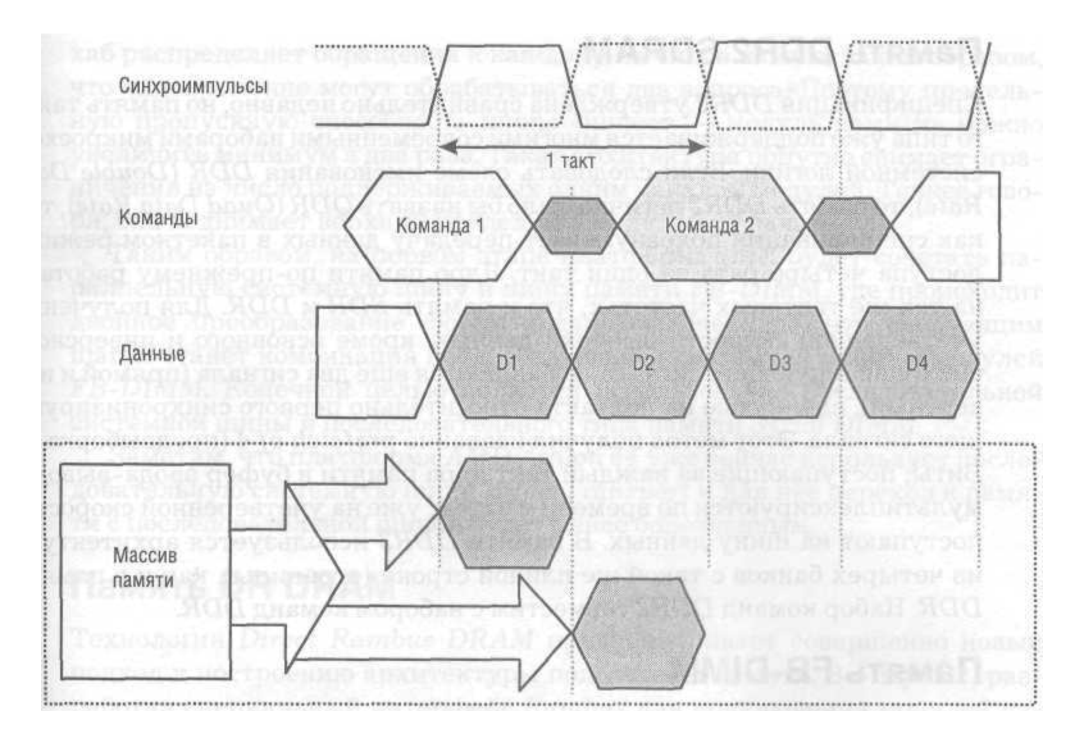


Схема работы памяти DDR

В соответствии со спецификацией память *DDR* имеет структуру из четырех независимых банков (как и в памяти *SDRAM PC100/133),* что позволяет совмещать выборку данных из одного банка с установкой адреса в другом банке, то есть можно одновременно иметь несколько открытых страниц.

Кроме того, предусматривается пакетный доступ к данным, а длина пакета может составлять 2, 4 и 8 элементов. Так как данные могут передаваться два раза за такт, то величина задержек *CAS* может оказаться не целой величиной, а кратной половинке такта. К примеру, на модуле памяти может использоваться обозначение CL=2,5, то есть *CAS Latency* составляет 2,5 такта системной частоты.

С учетом высокой частоты шины памяти для повышения точности синхронизации сигналов в памяти *DDR* предпринят ряд мер. Так, сигналы синхронизации (прямой и инверсный) задаются в дифференциальной форме, что позволяет снизить влияние смещения уровней на точность синхронизации. Кроме того, для синхронизации данных используется специальный двунаправленный стробирующий сигнал *DQS,* который генерируется источником данных: при операциях чтения — чипом памяти, а при операциях записи — контроллером памяти.

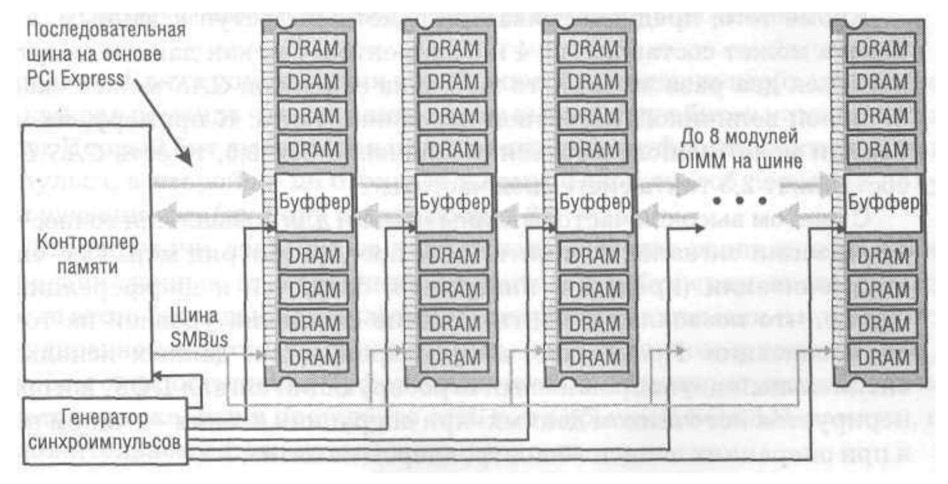
Память DDR2 SDRAM

Спецификация *DDR2* утверждена сравнительно недавно, но память такого типа уже поддерживается многими современными наборами микросхем системной логики. Если следовать схеме именования *DDR (Double Data Rate),* то память *DDR2* логично было бы назвать *QDR (Quad Data Rate),* так как спецификация подразумевает передачу данных в пакетном режиме доступа четыре раза за один такт. Ядро памяти по-прежнему работает на тех же тактовых частотах, что и память *SDR* и *DDR.* Для получения учетверенной скорости выборки данных, кроме основного и инверсного синхронизирующего сигнала, добавляются еще два сигнала (прямой и инверсный), сдвинутые на полтакта относительно первого синхронизирующего сигнала. Этот метод получил название *prefetch of 4* (предвыборка 4). Биты, поступающие за каждый такт ядра памяти в буфер ввода-вывода, мультиплексируются по времени и затем, уже на учетверенной скорости, поступают на шину данных. В памяти *DDR2* используется архитектура из четырех банков с такой же длиной строки (страницы), как и в памяти *DDR.* Набор команд *DDR2* совместим с набором команд *DDR.*

Память FB-DIMM

Важным этапом в развитии технологий оперативной памяти стало постепенное внедрение технологии *FB-DIMM (fully buffered DIMM* или «полностью буферизованная память») в платформах *Intel.* Если говорить точно, речь идет о варианте перехода к последовательному интерфейсу между контроллером памяти и чипами памяти.

Технология *FB-DIMM* использует установленный на модуле памяти специальный буфер (хаб), в котором хранятся и команды, и данные. Этот



Принципиальная схема подсистемы памяти FB-DIMM

хаб распределяет обращения к каждому из чипов памяти таким образом, что одновременно могут обрабатываться два запроса. Поэтому предельную пропускную способность шины «чипсет — модуль памяти» можно увеличить минимум в два раза. Такая архитектура попутно снимает ограничения на число поддерживаемых одним каналом модулей. Точнее говоря, она поднимает верхний предел до 8 модулей на канал.

Таким образом, на первом этапе платформа *Intel* будет сочетать параллельную системную шину и шину памяти *FB-DIMM,* где происходит двойное преобразование формата данных. Очевидно, что следующим шагом станет комбинация последовательной системной шины и модулей *FB-DIMM.* Конечной целью является использование последовательной системной шины и последовательного типа памяти *Serial DIMM.*

Заметим, что платформа *AMD Athlon 64* уже сейчас использует последовательную системную шину *HyperTransport* и для нее переход к памяти с последовательной шиной будет менее болезненным.

Память DR DRAM

Технология *Direct Rambus DRAM* предусматривает совершенно новый подход к построению архитектуры подсистемы памяти. Во-первых, разработан специальный интерфейс *Rambus* для подключения модулей памяти к контроллеру. Во-вторых, модули памяти соединены с контроллером специальными каналами с шириной шины данных 18 (16+2) бит и шины управления 8 бит. В третьих, разработаны новые модули памяти *RIMM.*

Каждый канал *Rambus* способен поддерживать до 32 банков и теоретически может работать на частоте до 800 МГц. Рабочая частота канала задается собственным генератором подсистемы памяти. Таким образом, часть подсистемы памяти работает независимо от тактовых частот остальных компонентов материнской платы. К контроллеру можно подключить несколько каналов *Rambus.* Сам контроллер работает на частоте до 266 МГц, которая определяется частотой системной шины.

Емкость серийно выпускаемых модулей *Rambus DRAM* достигает 512 Мбайт, в дальнейшем ожидаются изделия по 1 Гбайт. Так как использование 9-го бита на каждый байт данных оставлено на усмотрение производителя, одни фирмы вводят функцию *ECC,* другие увеличивают емкость чипов.

Тактовая частота *DR DRAM* составляет до 800 МГц, однако данные передаются по обоим фронтам сигнала, поэтому можно считать, что скорость обмена удвоена и достигает 1600 МГц. Если к контроллеру подключены два канала, теоретически пиковая пропускная способность достигает 6,4 Гбайт/с. Но этот показатель достижим только в теории и для огромных массивов данных.

На практике начинают проявляться недостатки технологии *Rambus,* связанные с ее архитектурой. Например, если операция записи данных должна следовать за операцией чтения, контроллер вынужден генерировать задержку, величина которой зависит от физической длины проводников канала *Rambus.* Если канал короткий, задержка составит всего один такт (на частоте 400 МГц около 2,5 нс). В худшем случае, при максимально длинном канале, величина задержки достигает 12,5 нс. К этому следует прибавить задержки, генерируемые в самих циклах чтения/записи, поэтому общий итог выглядит уже не столь радужно даже в сравнении с модулями *SDRAM.*

Микросхемы памяти на модулях *RIMM* вынуждено закрыты защитным кожухом из-за проблем с электромагнитной индукцией и интенсивным тепловыделением. *Rambus* рекомендует накрывать группу разъемов *RIMM* на материнской плате специальной конструкцией, призванной обеспечить правильное направление обтекающих потоков воздуха. Видимо, только боязнь уничтожающей критики не позволила *Rambus* рекомендовать установку отдельного вентилятора для охлаждения модулей *RIMM,* что на самом деле было бы далеко не лишним.

Фирма *Intel* сделала надлежащие выводы из опыта эксплуатации первых систем с памятью *Rambus DRAM* и практически свернула использование этой памяти в настольных системах.

Особенности архитектуры памяти

Коррекция ошибок

Ранее практически повсеместно в модулях памяти применялся контроль четности с целью проверки достоверности информации. Для этого при записи байта вычисляется сумма по модулю 2 всех информационных битов и результат записывается как дополнительный контрольный разряд.

В свою очередь, при чтении байта снова вычисляется контрольный разряд и сравнивается с полученным. Конечно, необходимость размещения лишнего бита заметно повышала стоимость модулей памяти. Сейчас совершенствование технологии производства микросхем *DRAM* сделало такую проверку излишней.

Выявление и исправление ошибок *(ECC — Error Checking and Correction) —* этот специальный алгоритм, который заменил контроль четности в современных модулях памяти. Каждый бит данных включается более чем в одну контрольную сумму, поэтому при возникновении в нем ошибки возможно восстановить адрес и исправить сбойный бит. При сбое в двух и более битах ошибка лишь фиксируется, но не исправляется.

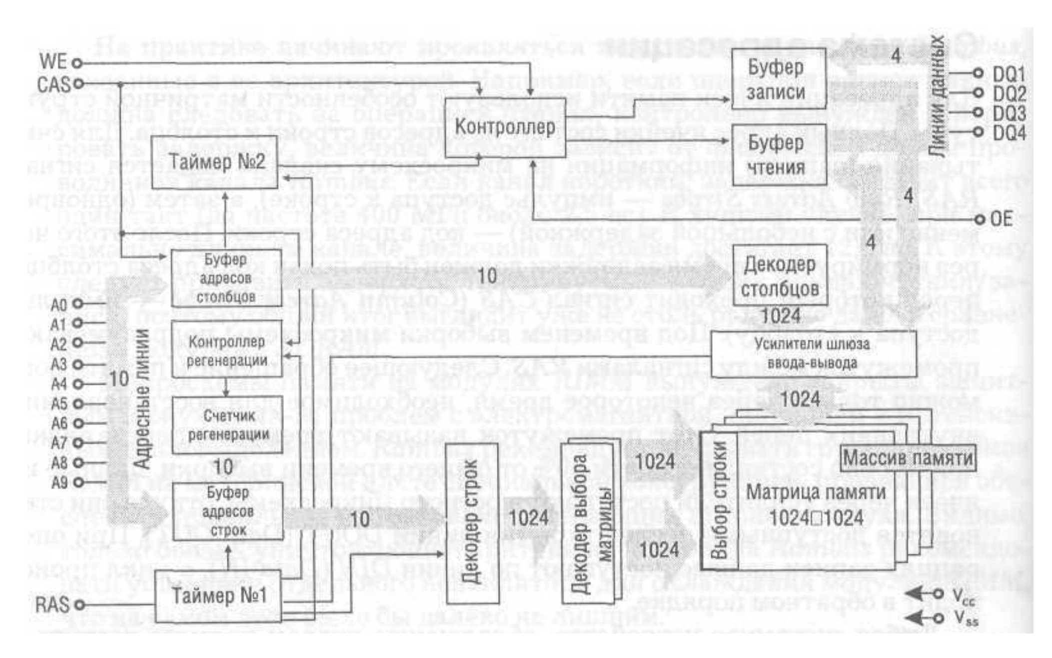
Система адресации

Для адресации ячеек памяти используют особенности матричной структуры. Полный адрес ячейки состоит из адресов строки и столбца. Для считывания (записи) информации на микросхему сначала подается сигнал *RAS (Row Actress Strobe* — импульс доступа к строке), а затем (одновременно или с небольшой задержкой) — код адреса строки. После этого через нормируемое время задержки должен быть подан код адреса столбца, перед которым проходит сигнал *CAS (Column Adress Strobe* — импульс доступа к столбцу). Под временем выборки микросхемы подразумевают промежуток между сигналами *RAS.* Следующее обращение к памяти возможно только через некоторое время, необходимое для восстановления внутренних/цепей. Этот промежуток называют временем перезарядки, причем оно составляет почти 90% от общего времени выборки. Данные из ячеек через усилители поступают в регистр микросхемы, откуда они становятся доступными после открытия линии *DOUT (Data OUT).* При операциях записи данные поступают по линии *DIN (Data IN),* а цикл происходит в обратном порядке.

Любое системное устройство, обладающее правом прямого доступа к памяти (по одному из каналов *DMA — Direct Memory Acces),* при необходимости посылает запрос, содержащий адрес и размер блока данных, а также управляющие сигналы. Так как доступ к памяти по каналам *DMA* одновременно могут иметь несколько устройств (например, процессор, видеокарта с интерфейсом *AGP,* контроллер шины *PCI,* жесткий диск), образуется очередь запросов, хотя каждому потребителю ресурсов памяти требуются собственные данные, часто расположенные не только в разных микросхемах, но и в разных банках памяти. Тем самым образуются значительные задержки при получении/записи данных. Технологии, позволяющие снизить или обойти перечисленные ограничения, описаны ниже.

Общая структура микросхемы памяти

Упрощенно микросхему памяти можно представить как некий массив КМОП-транзисторов и конденсаторов, организованных в виде матрицы строк и столбцов. Запоминающим элементом является конденсатор, а КМОП-транзистор выполняет функции электронного ключа. Каждый конденсатор способен хранить информационный бит данных. Например, наличие заряда на конденсаторе отождествляется с логической единицей, а его отсутствие — с логическим нулем. Схема памяти на основе конденсаторов обладает одним недостатком: заряд конденсатора не может сохраняться так долго, как требуется компьютерной системе. Неизбежно происходит самопроизвольный разряд конденсаторов, вследствие чего память



Принципиальное устройство микросхемы памяти типа SDRAM

на основе массива конденсаторов требует периодической регенерации. Именно поэтому такая память называется динамической. Для регенерации зарядов конденсаторов используется схема циклического обращения к ячейкам памяти, восстанавливающая прежнее состояние. Регенерация в микросхеме происходит одновременно по всей строке матрицы при обращении к любой из ее ячеек. Циклы регенерации с определенной частотой *(refresh rate)* инициируются специальными логическими схемами. В современных модулях используют циклы регенерации, именуемые 1K, 2K или 4K, что означает число строк (в тысячах), обновляемых за один такт. При значении 2K на регенерацию тратится меньшая мощность и циклы чередуются быстрее, поэтому чаще применяют именно этот режим.

При считывании данных содержимое одной строки (строка считается страницей — *Page)* целиком переносится в буфер, который реализован на элементах статической памяти. После этого в строке считывается значение (0 или 1) нужной ячейки и содержимое буфера вновь записывается в прежнюю строку динамической памяти. Такие переносы данных осуществляются путем изменения состояния конденсаторов ячеек, то есть происходит процесс заряда (разряда, если конденсатор был заряжен).

Помимо массива ячеек памяти микросхема содержит декодер адресов строк и столбцов, который получает сигналы *RAS* и *CAS* от контроллера памяти. Для минимизации размера адресного пакета применено мультиплексирование адресной линии и подключение к ней буферных реги-

стров адресов рядов и колонок. Каждый столбец связан с транзисторным датчиком-усилителем, который обеспечивает считывание нужной ячейки и восстанавливает ее состояние. Иногда линейка таких датчиков-усилителей выполняет роль промежуточного буфера при передаче данных. К указанным элементам необходимо добавить схему регенерации, порты ввода-вывода, адресные и командные линии.

Перспективная и альтернативная память

Память DDR3

В настоящее время идет разработка спецификаций памяти *DDR3*. Планируется, что частоты памяти *DDR3* будут находиться в диапазоне 800-1500 МГц, а напряжение питания составит 1,2-1,5 В. Для снижения паразитных шумов при работе на высоких частотах в чипах *DDR3* применяется технология шунтирующих цепей *SLT (Short-Loop Through),* которая отрабатывается в некоторых чипах стандарта *DDR2.* Предположительно емкость микросхем памяти *DDR3* достигнет 4 Гбит. Спецификации *DDR3* рассматриваются *JEDEC* в 2005-2006 гг., а массовое появление чипов ожидается не ранее 2007 г.

Память SL DRAM

В 1998 г. фирма *Siemens* выпустила модули памяти емкостью 64 Мбайт, основанные на технологии *SyncLink DRAM.* Этот продукт является эволюционным развитием *SDRAM* и *DDR SDRAM.* Главное усовершенствование заключается в применении пакетного режима не только к данным, но и к адресам. Для этого шина данных сужена до 16 бит для каждой микросхемы памяти.

В пакетном режиме с одной микросхемы пиковая пропускная способность достигает 400 Мбайт/с. То есть на 64-битной шине памяти пиковая пропускная способность составляет 1,6 Гбайт/с. Модули *SL DRAM* использовались в компьютерах производства *Siemens.*

Память VCM DRAM

Архитектура *Virtual Channel Memory DRAM* разработана фирмой *NEC* в 1998 г. Главными задачами при создании новой технологии считалось: уменьшение времени задержек и снижение энергопотребления динамической памяти. Первая задача решена путем выделения каждому устройству, напрямую работающему с памятью, виртуального канала, учитывающего специфические характеристики запроса потребителя. Причем устройству при необходимости может быть выделено несколько каналов.

Например, видеоускоритель с интерфейсом *AGP* (в отличие от видеокарты *PCI)* обладает правом прямого доступа к памяти и ему выделяется три виртуальных канала: первый — для получения данных о координатах вершин треугольников трехмерной сцены, второй — для загрузки текстур, находящихся в оперативной памяти, третий — для обмена системными данными.

Каждый канал обладает функцией кэширования, реализованной следующим образом. Системное устройство, сформировав и отправив запрос на чтение/запись, обращается к другому каналу. В это время кэш первого канала определяет параметры запроса и приступает к его выполнению с необходимыми параметрами задержек между циклами поиска и инициализации блоков данных и т. д. Таким образом, операции каналов независимы друг от друга и могут выполняться параллельно.

За счет того, что в период передачи результатов запроса системному устройству опять же используется кэш, а память в это время «отдыхает», значительно снижается ее энергопотребление (в среднем на треть).

Сравнение производительности модулей *VCM SDRAM* и обычной памяти *SDRAM* на частоте системной шины 133 МГц показывает преимущество первых на реальных задачах в 10-30%. Причем модули *VCM SDRAM* полностью совместимы с обычными модулями *DIMM.* За счет использования *SPD* модули *VCM SDRAM* легко распознаются *BIOS* системной платы.

Дополнительным преимуществом новой технологии является ее независимость от типа используемой памяти, поэтому она может быть встроена и в модули *DDR SDRAM,* и в *SLDRAM,* и в другие современные архитектуры. С развитием памяти *DDR* и *DDR2* преимущества *VCM SDRAM* потеряли привлекательность.

Память ESDRAM

Enhanced SDRAM (ESDRAM — улучшенная *SDRAM)* является более быстрым вариантом архитектуры *SDRAM.* С точки зрения времени доступа, производительность *ESDRAM* примерно в два раза выше. В большинстве приложений, благодаря более быстрому времени доступа к основному массиву памяти и наличию кэша, *ESDRAM* обеспечивает даже большую производительность, чем *DDR SDRAM,* по крайней мере, на частоте системной шины 100 МГц. Высокая скорость работы *ESDRAM* достигается за счет дополнительных функций, которые используются в архитектуре этой памяти. *ESDRAM* имеет блок кэш-регистров (выполнены на памяти типа *SRAM),* в которых хранятся данные, к которым уже было обращение.

Доступ к данным в строке кэша осуществляется быстрее, чем к ячейкам *SDRAM,* так как не требует обращаться к данным в строке через

адресацию в основном блоке памяти. При этом скорость передачи данных из ячеек также увеличена и составляет 22 нс. Важно отметить, что память *ESDRAM* полностью совместима со стандартными модулями *SDRAM* на уровне компонентов по количеству контактов и функциям. Однако на материнской плате требуется наличие контроллера, поддерживающего функции *ESDRAM.* Серийных системных чипсетов с такого рода функциями не выпускалось.

Память FCRAM

Fast Cycle Random Access Memory (FCRAM — ОЗУ с быстрым циклом). Разработчик этой архитектуры компания *Fujitsu* положила в основу принципиально иную концепцию по сравнению с *DRAM.* Время выполнения цикла составляет всего 20 нс. Это достигнуто благодаря двум принципиальным новшествам. Во-первых, в отличие от обычных чипов памяти, где сначала выясняется адрес строки *(RAS),* а потом, после некоторой задержки, адрес столбца *(CAS),* где находится нужная ячейка, в *FCRAM* мгновенно выясняются обе координаты. Во-вторых, в памяти типа *DRAM* время выполнения цикла увеличивается из-за того, что после выполнения каждой операции с ячейкой должна пройти команда сброса. В *FCRAM* встроена цепь автоматического сброса, благодаря чему возможна конвейерная обработка команд, где следующая команда начинает выполняться еще до завершения предыдущей. В результате получился очень интересный гибрид. По скорости работы *FCRAM* близка к *SRAM,* а по объему не отличается от модулей *SDRAM.* В настоящее время системные наборы материнских плат с поддержкой *FCRAM* не выпускаются.

Память FeRAM

Ферроэлектрическая память — *Ferroelectric RAM (FeRAM)* является энергонезависимой (аналогично флэш-памяти), что обеспечивает хранение данных без использования источников энергии (научное название — сегнетоэлектрическая энергонезависимая память с произвольным доступом к ячейкам). Известно четыре варианта архитектуры ячеек памяти *FeRAM:* однотранзисторная ячейка *1T FeRAM,* одноконденсаторная ячейка *1C FeRAM,* наиболее распространенная транзисторно-конденсаторная ячейка *1T-1C FeRAM* и наиболее стабильная из всех вышеперечисленных двойная ячейка *2T-2C FeRAM.*

Эксперты считают перспективы всех типов *FeRAM* более чем радужными. Пока затронут лишь самый краешек огромного пласта открытий, но даже на начальном этапе прогресс впечатляет: технологические нормы 180 нм, емкость чипа 64 Мбит, время доступа 40 нс, время цикла 70 нс (данные на начало 2005 года). Разработчики считают, что к 2010 г. память *FeRAM* вытеснит все остальные типы оперативной памяти.

Память MRAM

Архитектура памяти типа *MRAM (Magnetic RAM* — магниторезистивное ОЗУ) разработана компаниями *Toshiba, Infenion* и *IBM.* Выпущенные образцы ядра памяти продемонстрировали выдающиеся скоростные качества — цикл чтения занял всего 6 нс.

Технология хранения информации в чипе *MRAM* заключается в размещении ячейки памяти, содержащей молекулы платины и кобальта, между двумя магнитопроводящими слоями. Запись и чтение происходят путем изменения магнитного поля (спина) в управляющих слоях. То есть для хранения бита информации используется не электрический заряд, а магнитное состояние.

Принцип действия новой технологии основан на особенностях так называемых спиновых характеристик электрона. Спин каждой частицы ведет себя как крохотный магнит с северным и южным полюсами. Существуют спины с поляризацией (направлением) «вверх» и «вниз». У многих металлов поляризация спина их электронов в среднем нулевая: одна половина частиц направлена «вверх», а другая «вниз». У магнита поляризация спина достигает 40 процентов: 40 процентов электронов поляризованы иначе, чем остальные шестьдесят. Полностью контролируя поляризацию спина материала и применяя так называемый магнитно-туннельный переход, можно управлять электронами и хранить состояние частиц после выключения устройства из электросети. Данное свойство магниторезистивной памяти позволит, в частности, практически мгновенно загружать компьютеры.

Параметры памяти

Тайминг

Время пересылки данных измеряют в тактах микропроцессора и обычно записывают так: 6-2-2-2. Это означает, что на первую пересылку данных из произвольный ячейки памяти потребовалось 6 тактов шины, а на все последующие ячейки — по 2. Синхронная память обычно превосходит по быстродействию асинхронную. Например, при частоте системной шины 66 МГц память типа *EDO* 60 нс работает по схеме 5-2-2-2, а память типа *SDRAM* 10 нс, по схеме 5-1-1-1, что теоретически дает выигрыш в производительности около 30%.

На практике преимущество *SDRAM* меньше примерно на порядок, потому что далеко не все данные представляют собой последовательную выборку. Но уже при частоте системной шины 100 МГц память *EDO* 60 нс неработоспособна, а *SDRAM* 10 нс продолжает работу по схеме 5-1-1-1.

Сравнение скорости различных типов системной памяти

Далее приведены данные по циклам доступа для широко распространенных типов системной памяти в различных условиях обращения к данным.

Таблица 5. Тайминги некоторых типов памяти

Условия	SDRAM	EDO	FPM
Попадание в странице	5-1-1-1	5-2-2-2	5-3-3-3
Промах в строке	8-1-1-1	9-2-2-2	9-3-3-3
Промах в странице	10-1-1-1	12-2-2-2	12-3-3-3
Попадание в две страницы	5-1-1-1-2-1-1-1	5-2-2-2-3-2-2-2	5-3-3-3-3-3-3-3

Сегодня для памяти *SDRAM* наиболее скоростным является конвейерный режим с пакетной передачей данных и использованием функции *Auto Precharge*.

Спецификации динамической памяти

Спецификация *PC 100* устанавливает набор требований к модулям памяти *SDRAM* для гарантированного обеспечения их работы на частоте 100 МГц. Жестко регламентирована длина проводников для каждого сигнала в модуле памяти, длина пути тактового импульса и его временные параметры, определена ширина дорожек и расстояния между ними. Обязательно применение шестислойных плат с отдельными сплошными проводниками питающего и нулевого потенциалов; согласующих сопротивлений (терминаторов) в цепях передачи данных; информационного модуля *SPD (Serial Presence Detect);* позолоченных контактов модуля *DIMM.* Предусмотрены меры по обеспечению электромагнитной совместимости. Проводится специальная маркировка модулей с указанием ключевых временных параметров и номера версии *SPD.* Подобные меры приняты и для стандартизации параметров памяти *PC133.*

Память *DDR SDRAM,* работающую на частоте 100 МГц, иногда обозначают как *DDR200,* подразумевая при этом, что частота шины данных памяти составляет 200 МГц. Аналогично при работе ядра памяти на частоте 133 МГц используют обозначение *DDR266,* при частоте 166 МГц — *DDR333,* а при частоте 200 МГц — *DDR400.* Нетрудно рассчитать и пропускную способность памяти *DDR.* Учитывая, что ширина шины данных составляет 8 байт, для памяти *DDR200* получим 1,6 Гбайт/с, для *DDR266* — 2,1 Гбайт/с, для *DDR333* — 2,7 Гбайт/с, а для *DDR400* —

3,2 Гбайт/с. В спецификациях на память DDR используется пиковая пропускная способность в мегабайтах в секунду (Мбайт/с), то есть обозначения таковы: *PC1600, PC2100, PC2700, PC3200.*

Пока спецификация на память *DDR2* предусматривает выпуск модулей *DDR2-400, DDR2-533* и *DDR2-667.* Соответственно пропускная способность составляет 3,2 Гбайт/с; 4,2 Гбайт/с и 5,3 Гбайт/с.

Микросхемы памяти

Элементы динамической памяти обычно выполнены либо в виде отдельных микросхем в корпусах типа *DIP (Dual In Line Package),* либо в виде целых модулей, которые представляют собой небольшие текстолитовые платы с выполненным на них монтажом и установленными микросхемами памяти в корпусах типа *DIP* или *SOP (Small Outline Package).*

Наряду с корпусами типа *SOP* часто используются и другие, предназначенные для поверхностного монтажа. Например, плоские корпуса *TSOP* и *BGA.*

Модули памяти

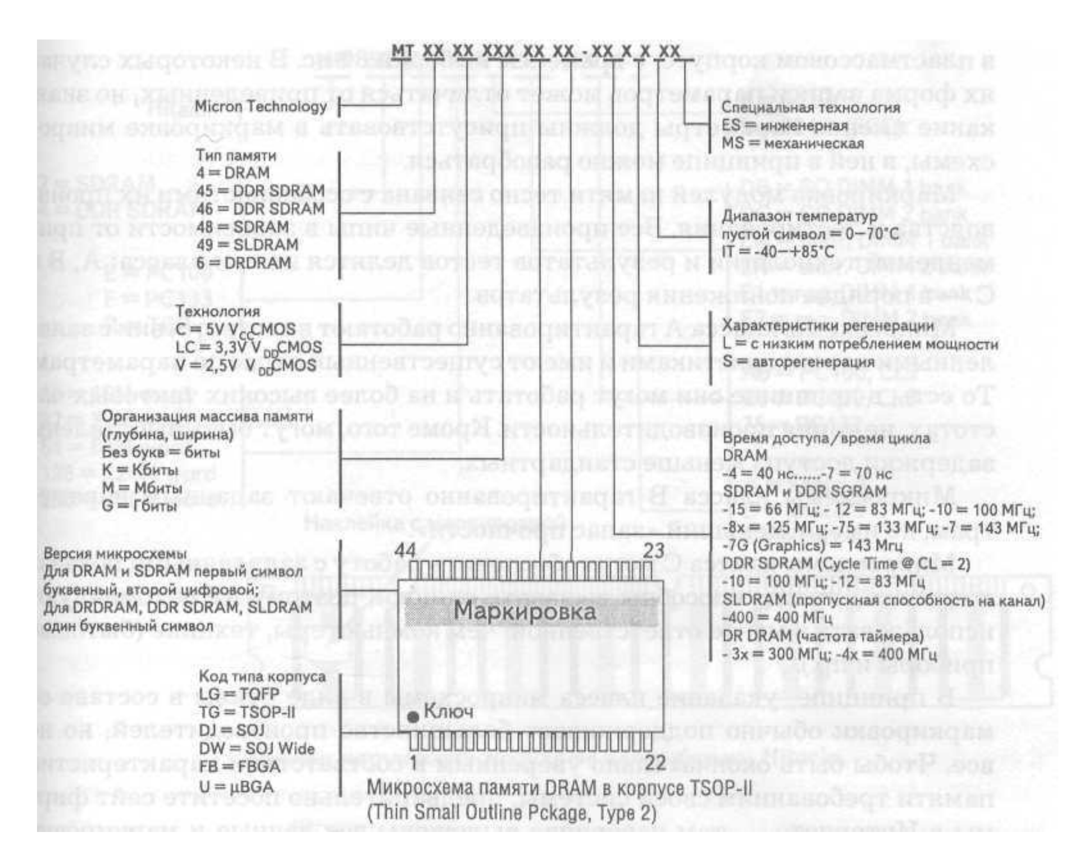
Модули могут быть типа *SIP/SIPP (Single In Line Pin Package),* типа *SIMM (Single In Line Memory Module),* типа *DIMM (Dual In Line Memory Module)* и типа *RIMM (Rambus InLine Memory Module).* Модули *SIMM* выполняются с 30-ю или 72-мя выводами, однако в настоящее время первые практически не используются. Для установки модулей памяти типа *SIMM* и *DIMM* на материнской плате используется печатный или ножевой разъем, а для модулей *SIP* — штыревой (в настоящее время не применяется).

У *DIMM*-модулей в отличие от *SIMM* контакты на противоположных сторонах платы электрически не связаны между собой, что дает возможность увеличить количество выводов вдвое (до 168, в более поздних моделях до 184). Модули *DIMM* могут иметь напряжение питания 5В (сейчас практически не используется) или 3,3В. Для модулей памяти *DDR SDRAM* предусмотрен конструктив на 184 контакта с напряжением питания 2,5В и одним ключом.

Для памяти *DDR2 SDRAM* используются модули, насчитывающие 232 контакта с напряжением питания 1,8 В. Учитывая, что поглощаемая мощность пропорциональна тактовой частоте, емкости памяти и квадрату напряжения, при прочих равных условиях снижение напряжения позволило почти вдвое снизить поглощаемую мощность.

Модули *RIMM* разработаны фирмой *Rambus* для собственной архитектуры памяти. Они имеют 184 контакта и напряжение питания 2,5В.

Малогабаритными разновидностями *SIMM* и *DIMM* являются модули *SO (Small Outline) SIMM* и *SO DIMM.* Обычно они устанавливаются в ноутбуках и некоторых принтерах.



Пример маркировки микросхемы памяти фирмы Micron Technology

Маркировка

Корпус микросхемы или модуль памяти всегда имеют специальные обозначения, включающие наименование или знак фирмы-изготовителя, дату выпуска и т. д. Наибольший интерес представляет информация о емкости модуля, времени выборки и прочие технические параметры. Обычно информация о микросхеме состоит из трех полей: префикса, корня и суффикса. Префикс может содержать тип отбраковки при изготовлении микросхемы (например, военный стандарт *MIL-STD)*. В поле корня одна из цифр обычно указывает на то, что это микросхема ОЗУ, следующая за ней, как правило, характеризует количество информационных разрядов. Группа цифр, следующая за ней, обозначает емкость в килобитах каждого информационного разряда. В поле суффикса может присутствовать буква, обозначающая тип корпуса, а далее через дефис — время выборки в наносекундах. Таким образом, обозначение MK44256P-80 указывает на то, что это микросхема ОЗУ емкостью 4 разряда по 256 Кбит каждый,

в пластмассовом корпусе, с временем выборки 80 нс. В некоторых случаях форма записи параметров может отличаться от приведенных, но зная, какие именно параметры должны присутствовать в маркировке микросхемы, в ней в принципе можно разобраться.

Маркировка модулей памяти тесно связана с особенностями их производства и тестирования. Все произведенные чипы в зависимости от применяемой технологии и результатов тестов делятся на три класса: А, В и С — в порядке понижения результатов.

Микросхемы класса А гарантированно работают в соответствии с заявленными характеристиками и имеют существенный запас по параметрам. То есть, в принципе они могут работать и на более высоких тактовых частотах, не теряя производительности. Кроме того, могут быть выставлены задержки доступа меньше стандартных.

Микросхемы класса В гарантированно отвечают заданным параметрам, но имеют меньший «запас прочности».

Микросхемы класса С могут обеспечить работу с заявленными показателями, но иногда способны выдавать ошибки, поэтому их рекомендуют использовать в менее ответственной, чем компьютеры, технике (бытовые приборы и пр.).

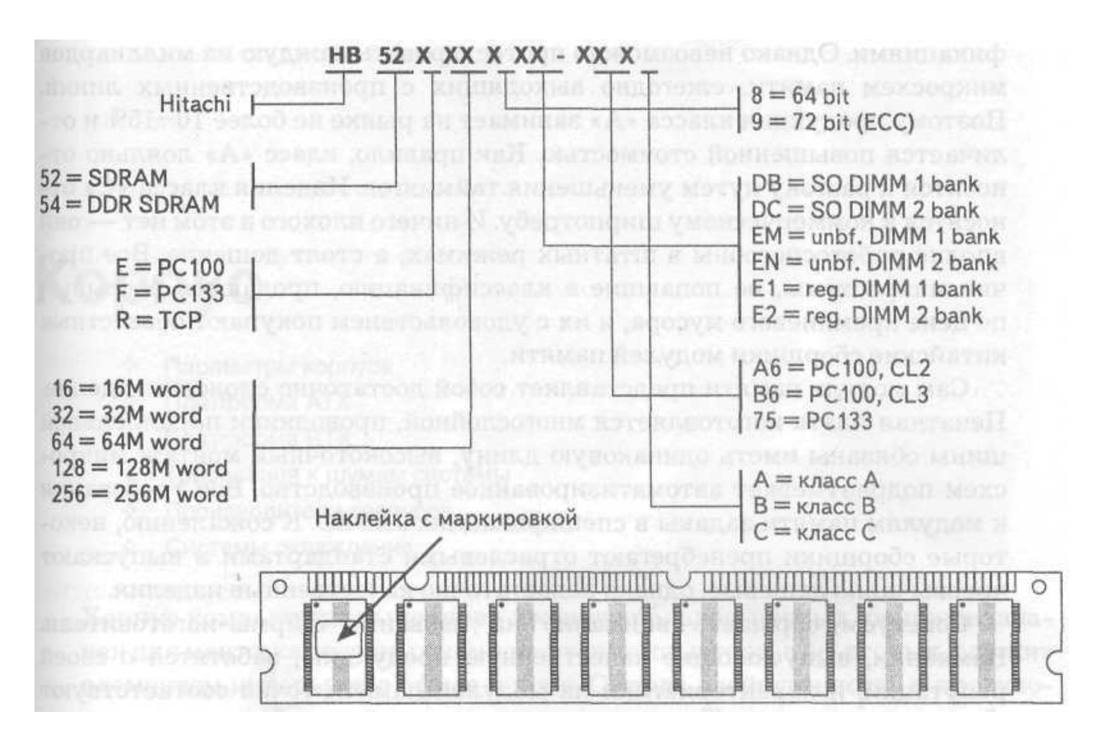
В принципе, указание класса микросхемы в виде буквы в составе ее маркировки обычно поддерживает большинство производителей, но не все. Чтобы быть окончательно уверенным в соответствии характеристик памяти требованиям своей системы, предварительно посетите сайт фирмы в Интернете — там наверняка выложены все данные и маркировка выпускаемых модулей.

Вообще, при покупке памяти следует выбирать продукцию известных производителей, так называемых *brand-name,* или *major.* Определить ее довольно легко по префиксам в обозначении микросхем. Необходимо только учесть, что в последнее время микросхемы производства *Micron* закупает оптовыми партиями один из российских сборщиков и затем собирает на их основе собственные модули памяти. Судя по отзывам пользователей, с некоторыми изделиями российской сборки бывают проблемы. Поэтому лучше ориентироваться на другие фирмы.

Существуют и так называемые genen'c-производители (например, из лучших: *Kingston, Century, Unigen, Simple, Advantage),* которые обычно собирают свои модули из готовых микросхем класса А известных фирм.

Однако нередки случаи, когда generic-фирмы (не из перечисленных выше) паяют на модули чипы класса С. Как они будут работать, одному Богу известно.

Если же на микросхеме вместо стандартного типа обозначения стоит маркировка типа *Laser, USA, Japan, Korea* и подобная муть, приобретать их не стоит ни в коем случае, несмотря на всю привлекательность цены.



Пример маркировки модуля памяти фирмы Hitachi

Для ориентировки приводим буквенный префикс обозначения продукции известных фирм, относящихся к группе major-производителей.

Fujitsu - MB;	*Hitachi - HB;*
Hyundai - НУ;	*IBM - IBM;*
LG Semicon — GM;	*Micron - MT;*
Mitsubishi — M5M;	*Mosel Vitelic - V;*
NEC — m*Pd*;	*Oki - MSM;*
Samsung - KM;	*Siemens - HYB;*
Texas Instruments - TMS;	*Toshiba - TC.*

Компании, действующие на рынке оперативной памяти, можно условно разделить на поставщиков, сборщиков и производителей. Первые занимаются изготовлением исключительно микросхем памяти. Вторые собирают из этих микросхем модули. И только производители имеют полную технологическую цепочку: от изготовления кремниевых «блинов» до выпуска модулей различного типа.

Микросхемы, поступающие на сборку, могут быть трех категорий. Первая (класс «А») характеризуется стопроцентным тестированием чипов, что гарантирует их работоспособность в условиях, заданных специ-

фикациями. Однако невозможно протестировать каждую из миллиардов микросхем памяти, ежегодно выходящих с производственных линий. Поэтому продукция класса «А» занимает на рынке не более 10-15% и отличается повышенной стоимостью. Как правило, класс «А» лояльно относится к разгону путем уменьшения таймингов. Изделия класса «С» относятся к коммерческому ширпотребу. И ничего плохого в этом нет — они вполне работоспособны в штатных режимах, а стоят дешевле. Все прочие микросхемы, не попавшие в классификацию, продаются россыпью по цене кремниевого мусора, и их с удовольствием покупают безвестные китайские сборщики модулей памяти.

Сам модуль памяти представляет собой достаточно сложное изделие. Печатная плата изготовляется многослойной, проводники параллельной шины обязаны иметь одинаковую длину, высокоточный монтаж микросхем подразумевает автоматизированное производство. Все требования к модулям памяти заданы в спецификациях *JEDEC*. К сожалению, некоторые сборщики пренебрегают отраслевыми стандартами и выпускают чрезвычайно дешевые, однако недостаточно качественные изделия.

Советуем обращать внимание на название фирмы-изготовителя. Компании, выпускающие качественную продукцию, заботятся о своей репутации, и характеристики их модулей памяти точно соответствуют спецификациям. Среди фирм, обладающих полным производственным циклом, отметим *Samsung, Hynix (Hyundai), Fujitsu, LG Semiconductor, NEC, Infineon*. Причем *Samsung* и *Hynix* на пару выпускают едва ли не половину общего мирового объема чипов памяти.

Среди компаний, занимающихся сборкой модулей из готовых микросхем, отличаются качественной продукцией *Viking, Transcend JetRam, Corsair, Crucial, Simple Technology, Kingston, Kingmax, TwinMOS*. «Средний класс» представлен широко распространенными в России изделиями тайванских компаний *Mtec* и *NCP*, а также обширным спектром продукции на чипах всемирно известной компании *Winbond* (ее чипы часто используют «брэндовые» сборщики модулей памяти). Сказать что-либо однозначно плохое про их продукцию нельзя. Быть может, чуть выше, чем у «брэндовских» компаний, процент брака. Но в целом для штатного режима возможностей этих модулей вполне хватает.

Корпус

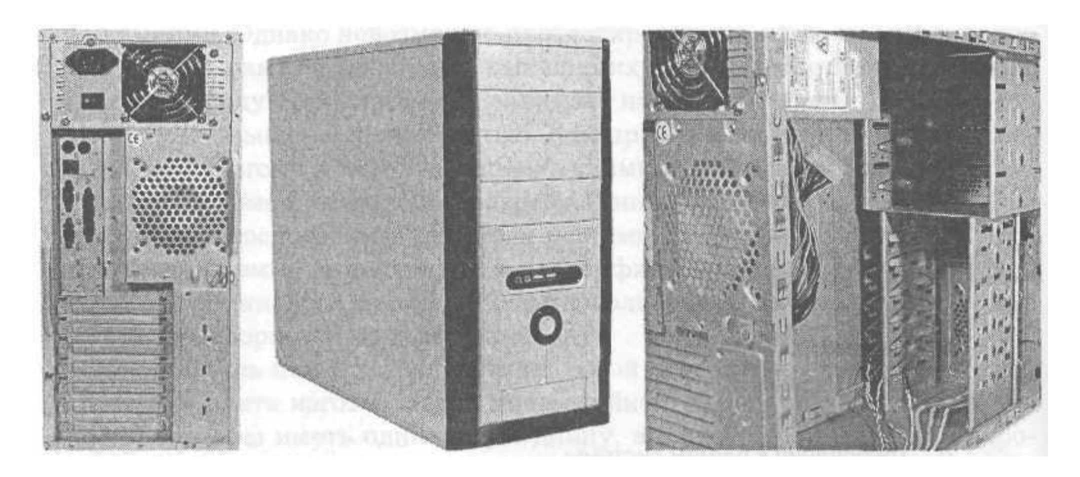
- Параметры корпуса
- Платформа АТХ
- Платформа ВТХ
- Требования к шумам системы
- Производители корпусов
- Системы охлаждения

Корпус компьютера выполняет двоякую роль: во-первых, он предназначен для монтажа основных компонентов компьютера, а во-вторых, служит элементом интерьера в офисе и дома. Отсюда двойственность и противоречивость требований к параметрам корпуса. Технологические требования обусловливают увеличение объема корпуса, упрощение его форм в интересах облегчения монтажа и доступа к компонентам, установку мощных и шумных систем охлаждения. Дизайнерские требования, напротив, направлены на минимизацию габаритов, вплоть до размеров бытовой аппаратуры, устранение шумов, создание внешнего вида, адекватного современной моде.

Параметры корпуса

Как правило, предлагаемые на рынке корпуса представляют собой плод компромисса между различными требованиями. Среди них можно выделить три категории изделий: технологические, дизайнерские, интерьерные. Самой многочисленной выглядит категория технологических корпусов, внешний вид которых знаком любому покупателю: параллелепипед цвета слоновой кости *(Ivory),* стоящий вертикально *(Tower)* или уложенный на бок *(Desktop).* Как правило, для домашних компьютеров используют вертикальные корпуса стандартных типоразмеров: *Mini Tower, Midi Tower* и *Full Tower.*

Верхом дизайнерского изыска в этой категории служат корпуса черного или иного, отличного от слоновой кости, цвета. Преимущества корпусов технологической группы: обеспечение полной функциональности систе-



Типичный представитель категории технологических корпусов

мы, возможность сборки компьютера максимальной производительности, использование стандартных комплектующих, сравнительно невысокая цена.

Корпуса дизайнерской категории разрабатывают с учетом современных взглядов на дизайн технических изделий при соблюдении технологических требований к монтажу и условиям функционирования компонентов компьютера. Такие корпуса по габаритам соответствуют типовой классификации, но выглядят совсем нетипично. При изготовлении дизайнерских корпусов часто используют алюминий, углепластик и другие современные материалы. Ярким примером дизайнерских корпусов является семейство *Xaser* компании *Thermaltake*. Стоимость дизайнерских корпусов выше одноклассников из технологической группы в два и более раз. В связи с этим среди пользователей возникло движение «моддинга» — самостоятельного придания дизайнерского изыска обычным технологическим корпусам.



Представитель дизайнерских корпусов — Thermaltake Xaser

Корпуса интерьерной группы сконструированы в угоду требованиям дизайна интерьеров современного жилья. Поэтому внешне они похожи на изделия бытовой радиоэлектроники. Такие корпуса даже получили собственные названия: *Home Theater PC* или *Small Form Factor (SFF)*. Малые габариты обусловливают ограниченную функциональность, при-



В *корпусе SFF компьютер не отличить от бытовой электроники*

менение специфических комплектующих, а в итоге повышенную цену компьютеров.

Обычного пользователя вполне устроит нормальный технологический корпус. Покупателя, умеющего считать деньги в своем кармане, интересуют в первую очередь вполне прозаичные параметры, а именно: соответствие стандартам, качество изготовления, решение задач питания, вентиляции, шумности. Заметим, что если на питание существуют устоявшиеся промышленные стандарты, вопросы поддержания оптимального температурного режима компонентов решаются в корпусах спецификации *ATX* далеко не столь однозначно. Поэтому выбирать корпус следует, прежде всего, с точки зрения его способности обеспечить охлаждение всего установленного внутри оборудования.

Основным параметром, определяющим качество корпуса, является толщина металла несущей рамы, шасси системной платы, а также стенок (кожуха). Если шасси сделано из достаточно толстого металла, то резко снижается уровень излучаемого шума и практически отсутствует вибрация. Такие качества обеспечивают корпуса с толщиной металла не менее 0,8 мм. Известные фирмы, специализирующиеся на изготовлении корпу-

сов, обычно делают их из металла толщиной 1 мм. Дешевые корпуса (ценой 25-30 долларов) изготавливают из стального листа толщиной 0,5-0,6 мм (практически из жести), поэтому их стенки легко прогибаются и могут входить в резонансную вибрацию с вентиляторами системы охлаждения и жесткими дисками.

У дешевых моделей края шасси часто не обрабатываются — при монтаже вполне можно порезать руку. Более качественные корпуса имеют шасси с обработанными или завальцованными краями, иногда даже покрашенные.

Хороший корпус не должен пропускать наружу электромагнитное излучение, мешающее внешним устройствам и бытовой электронике. Очевидно, что множество электронных и электрических компонентов внутри компьютера непрерывно «фонят» в самом широком спектре. Если разработчиками корпуса не приняты специальные меры подавления помех, рядом с компьютером нельзя ставить другие электронные приборы. В спецификации на корпус (паспорте) обязательно должна быть отметка о соответствии американскому стандарту *FCC Class B* на величину излучения от офисных и домашних компьютеров. Достаточно дорогие качественные корпуса часто изнутри покрыты пермаллоем — материалом, не пропускающим низкочастотные электромагнитные излучения.

Блок питания в корпусе типа «башня» размещают обычно в верхней части, а ниже его располагается системная плата. В достаточно высоких корпусах блок питания полностью помещается над системной платой, так что их проекции на боковую стенку не пересекаются. В более низких корпусах (39 см и ниже) указанные проекции частично пересекаются, так как блок питания повернут на 90° относительно продольной оси. Поэтому такие корпуса несколько шире обычных. Получается так, что в корпусе *ATX* на системной плате под блоком питания будет находиться гнездо процессора. Поэтому для доступа к процессору нужно сначала демонтировать блок питания (или вести работы вслепую). Кроме того, блок питания загромождает место около процессора, ухудшая его охлаждение. В некоторых случаях не удается установить большой радиатор процессора, который упирается в блок питания. Поэтому высота корпуса башенного типа должна быть не менее 42 сантиметров.

В последнее время появилось множество моделей корпусов оригинального «дутого» дизайна, в которых отсек для дисковода 3,5" исполнен в виде щели. Хотя выглядит все достаточно привлекательно, но дискету часто приходится буквально выковыривать из корпуса — впору обзаводится пинцетом. Иногда лицевая панель настолько глубока, что становится затруднительным вынуть или вставить даже компакт-диск. Многие производители выпускают корпуса с откидной крышкой, полностью закрывающей переднюю панель. Чтобы получить доступ к оптическому накопителю или приводу гибкого диска, надо открыть крышку. Как показы-

вает опыт эксплуатации таких корпусов, для интенсивной эксплуатации в мультимедийной конфигурации компьютера они не пригодны. Очень утомляет необходимость каждый раз открывать крышку при установке игр, проигрывании музыки и фильмов, записи дисков.

Некоторые модели качественных корпусов имеют на лицевой панели разъемы аудиоинтерфейсов, портов *USB, FireWire,* кард-ридеры, приемник ИК-порта. Как правило, посадочные места разъемов закрыты откидными крышками. Такой корпус следует выбирать, если вы планируете часто использовать переносные внешние устройства с соответствующими интерфейсами. Для постоянного подключения лучше использовать разъемы на задней панели, поскольку корпус с постоянно присоединенными к передней панели кабелями выглядит неряшливо.

На лицевой стороне корпуса должны находиться как минимум две кнопки: включения питания *(POWER)* и перезагрузки *(RESET).* К их конструкции следует приглядеться повнимательней. Например, совсем плохо, если кнопки одинаковые: одного диаметра и цвета, к тому же расположены близко друг от друга. Кнопка *POWER* должна выделяться цветом и размером; лучше, если она чуть утоплена. Для корпуса типа *AT* лучшим выключателем является тумблер. Для корпуса типа *ATX* это в принципе невозможно, так как согласно спецификации *ACPI* длительность нажатия кнопки *POWER* определяет переход в различные состояния по энергопитанию компьютерной системы.

Кнопка *RESET* должна быть мелкой и утопленной достаточно глубоко, чтобы исключить непреднамеренное нажатие. К сожалению, в некоторых корпусах ради броского дизайна кнопку *RESET* совмещают в одном блоке с кнопкой *POWER,* а вся эта конструкция выпирает наружу. На некоторых качественных *ATX* корпусах дополнительно устанавливают кнопку *SLEEP.* Однако лучше использовать кнопки управления питанием, которые ставят на современных клавиатурах.

Отличительные признаки технологически продуманного корпуса:

- крепление боковых стенок на клипсах, на барашках или на винтах с накатанной головкой, не требующих применения отвертки;
- размещение блока питания вне проекции системной платы;
- малошумящий блок питания с входным отверстием снизу;
- съемное, выдвигающееся или откидное шасси системной платы;
- установка накопителей в отсеки 5,25" на планках, без использования винтов;
- съемная или выдвигающаяся корзина для жестких дисков;
- установка жестких дисков на амортизирующем шасси;
- использование планок для крепления плат расширения;
- отверстие для входа охлаждающего воздуха на боковой стенке;
- места для установки дополнительных вентиляторов на передней и тыльной панелях.

В основном технические параметры корпуса определяются спецификацией форм-фактора системы, поскольку именно форм-фактор обусловливает габариты корпуса, условия монтажа системной платы, требования к электропитанию, а в последних версиях — и требования к термобалансу компонентов и шумности.

Платформа АТХ

Основы спецификации АТХ описаны в разделе системных плат, здесь же мы остановимся на менее явных, но не менее важных параметрах, определяющих надежность платформы АТХ и удобство ее эксплуатации.

Требования к электропитанию

В современных компьютерах в основном применяют блоки питания импульсного типа. Входное напряжение сети 220 В подается непосредственно на выпрямитель, без понижающего трансформатора. Выпрямленное напряжение используется для питания транзисторного генератора, работающего на частотах в десятки килогерц, который накачивает энергией дроссель. Дроссель нагружен на высокочастотный трансформатор, с вторичных обмоток которого снимаются напряжения согласно спецификации АТХ: +5 В, -5 В, +12 В, -12 В, +3,3 В. Транзистор генератора работает в так называемом ключевом режиме, поэтому в любой момент времени либо ток через него равен нулю, либо напряжение на нем равно нулю, в итоге на ключевом транзисторе практически не выделяется мощности. Но все же некоторые потери энергии происходят и в транзисторе, и в дросселе, и в трансформаторе, поэтому КПД импульсного блока питания обычно находится в диапазоне 65-85%. Причем вторая цифра характерна для очень дорогих изделий.

В импульсном стабилизаторе регулирование напряжения осуществляется изменением ширины импульсов, вырабатываемых генератором, то есть используется метод широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Стабилизатор сравнивает присутствующее на его выходе напряжение с образцовым и регулирует ширину вырабатываемых импульсов так, чтобы эти два напряжения совпадали. Типовой импульсный стабилизатор имеет линию обратной связи, идущую с выхода +5 В. Прочие выходные линии проходят через общий дроссель. В результате получается хорошо стабилизированное напряжение +5 В и заметно хуже стабилизированные остальные четыре линии. Если требуется высокое качество стабилизации маломощных источников (-5 В, -12 В), то на них ставят линейные стабилизаторы. Обязательная принадлежность блока питания стандарта *АТХ* — дежурный стабилизатор, вырабатывающий напряжение +5 В (линия +5V *Stand-By),* необходимое для поддержки функций типа *Suspend-to-RAM.*

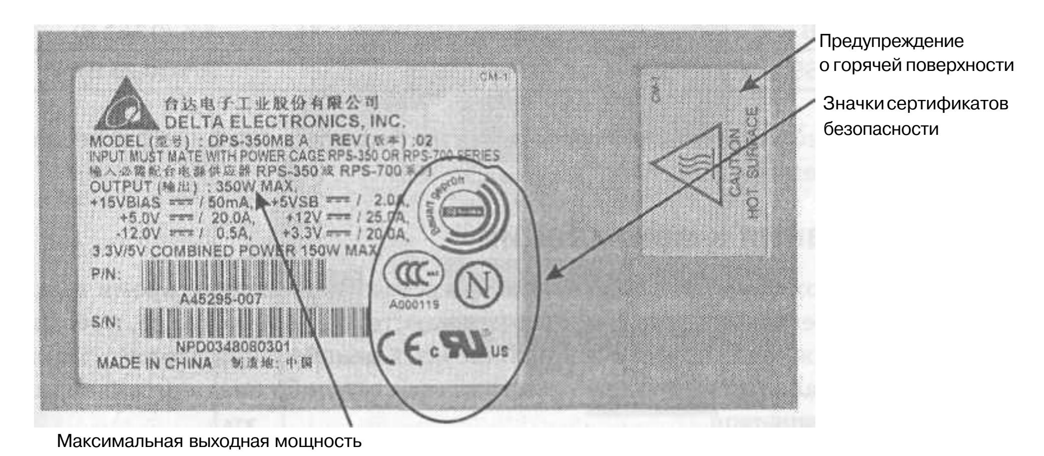
Большое преимущество БП импульсного типа — малые габариты. Высокочастотный трансформатор имеет очень скромные размеры. К тому же низкая мощность, выделяемая на ключевых транзисторах, позволяет обходиться малогабаритным радиатором.

Работа электроники импульсного БП не зависит от частоты питающей сети, поэтому можно подключаться к сетям с частотой тока 50 Гц или 60 Гц. А «плавающая» частота тока, столь характерная для российских электросетей, не так страшна, как для БП линейного типа. Более того, импульсный блок питания малочувствителен к входному напряжению. В результате он может работать в диапазоне 175—265 В. Качественный импульсный блок питания запускается уже при напряжении 140-150 В.

Срок бесперебойной работы блока питания обычно составляет 5-7 лет. Однако на этот параметр сильно влияют внешние условия: качество тока в электрической сети, запыленность воздуха, перепады температуры и влажности. Главным врагом блока питания выступает пыль, которая хорошо проводит электрический ток. Если ее своевременно не удалять пылесосом, случается так, что даже небольшой наклон корпуса вызывает перемещение скопившейся в блоке питания пыли и короткое замыкание в его цепях. При выходе блока питания из строя его проще заменить, чем ремонтировать.

На блоке питания в видном месте должна быть наклейка с указанием названия тестовой лаборатории, выдавшей сертификат безопасности и соответствия стандартам: *UL, CSA, TUV, CB, CE, VDE, FCC, FTZ, DEMKO, NEMKO, FIMKO&SEMKO* (какая именно, оговаривается в спецификации к блоку).

На блоке питания помимо сетевого разъема монтируются розетка для питания дисплея и выключатель. У блока питания стандарта *ATX* напряжение все время подается на системную плату. Поэтому выключение



Маркировка блока питания

компьютера кнопкой *Power* не обесточивает его компоненты. Если необходимо лезть внутрь корпуса, следует либо использовать выключатель на блоке, либо, если такового нет, вынуть вилку из сетевой розетки.

В корпусе *ATX* плата (стандартного размера 305x244 мм) располагается длинной стороной вдоль задней стенки. Процессор на плате устанавливается в непосредственной близости от разъема питания для минимизации длины питающих цепей и охлаждения от встроенного вентилятора БП. Некоторые блоки имеют автоматическую регулировку скорости вращения вентилятора в зависимости от температуры.

Блок питания ATX, кроме стандартных для *AT* напряжений и сигналов, обеспечивает также напряжение 3,3 В и поддерживает управление питанием по сигналу с платы, которая имеет для этого программный интерфейс.

Для соединения блока питания с платой используется единый 24-контактный разъем. В стандарте *ATX* оговорен также разъем, через который с блока питания на плату подается информация о частоте вращения вентилятора, а с платы в блок питания — сигнал управления вентилятором и контрольный уровень напряжения 3,3 В для более точной его стабилизации.

Таблица 6. Требования спецификаций ATX/BTX

Питающая линия	Допустимое отклонение	
	ATX 2.01	ATX 2.03/BTX
+5 В	5% (0,25 В)	5% (0,25 В)
-5 В	5% (0,25 В)	10% (0,5 В)
+12 В	5% (0,6 В)	5% (0,6 В)
-12 В	5% (0,6 В)	10% (1,2 В)
+3,3 В	4% (0,132 В)	4% (0,132 В)
+5VSB	5% (0,25 В)	5% (0,25 В)

Нетрудно заметить, что требования последних спецификаций несколько мягче, чем предыдущих.

Требования к вентиляции

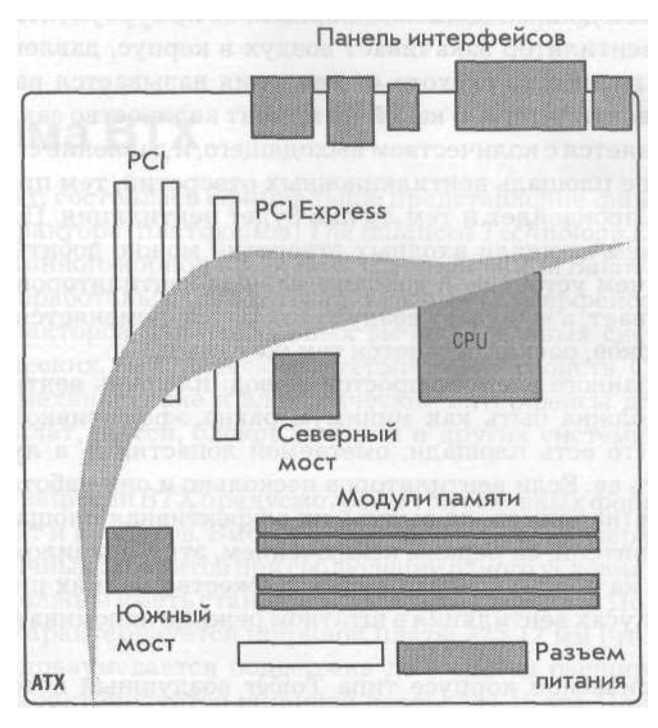
Проблема охлаждения особенно остро встает в последнее время в связи с появлением микросхем с числом транзисторов на кристалле, превышающем сотню миллионов. Каждый элемент неизбежно выделяет тепло в процессе работы, а площадь кристалла растет либо незначительно, либо даже уменьшается.

В блоке питания корпуса типа АТ предусмотрен «вытяжной» вентилятор. Воздух засасывается внутрь корпуса через имеющиеся щели или

специально предусмотренные отверстия и, аккумулировав тепло имеющих более высокую температуру компонентов, выбрасывается наружу. К сожалению, в подавляющем большинстве корпусов *AT* каких-либо специальных мер по распределению потока охлаждающего воздуха не предусмотрено. Поэтому не исключены случаи, когда одни компоненты чувствуют себя комфортно, а другие перегреваются.

В блоках питания корпусов типа *ATX* вентилятор, как правило, нагнетающий. Наружный воздух захватывается крыльчаткой вентилятора и подается внутрь корпуса через прорези в блоке питания. Очень немногие корпуса *ATX* сконструированы с учетом перераспределения поступающего потока воздуха к отдельным компонентам: процессору, жестким дискам, платам расширения.

В насыщенном современными компонентами компьютере иногда наблюдается своеобразный «эффект домино», связанный с лавинообразным нарастанием перегрева. Предположим, что в компьютере установлены мощные процессор, видеокарта, звуковая карта, парочка высокооборотных жестких дисков. Локальное охлаждение каждого элемента вроде бы обеспечивается нормально. Но собственные вентиляторы компонентов рассчитаны на прокачку поступающего воздуха с температурой не выше 30-35 градусов. Может сложиться ситуация, когда вентилятор будет по-



Основной поток воздуха в корпусе ATX (вид слева)

лучать воздух от трудолюбивого «соседа», сильно нагревающегося в процессе работы. Естественно, что начнет перегреваться охлаждаемая им микросхема, что вызовет общее повышение температуры воздуха внутри корпуса. Все вентиляторы и микросхемы будут получать горячий воздух, и далее процесс примет лавинный характер, в итоге компьютер в лучшем случае «зависнет», хотя не исключен и вариант выхода из строя какого-либо элемента.

Симптомами проблем с охлаждением обычно служат периодические «зависания» процессора компьютера без видимых внешних причин, неожиданные отказы в работе видеокарты, жестких дисков и других компонентов с высоким энергопотреблением. Иногда компьютер отказывается работать при повышении температуры наружного воздуха (зимой - при расположении вблизи отопительных приборов). Лечить эти «болезни» следует прежде всего решением проблемы общей вентиляции корпуса.

Общие принципы вентиляции достаточно просты. Во-первых, вентиляторы должны не мешать естественной конвекции воздуха (снизу вверх), а помогать ей. Во-вторых, нежелательно иметь застойные зоны, особенно в местах, где естественная конвекция затруднена. В-третьих, чем больше объем воздуха, прокачиваемого через корпус, тем меньше в нем разница температур по сравнению с наружной. В-четвертых, воздушный поток по возможности должен быть ламинарным, но не турбулентным.

Когда вентилятор закачивает воздух в корпус, давление внутри него растет. Зависимость расхода от давления называется рабочей характеристикой вентилятора. В какой-то момент количество закачиваемого воздуха сравняется с количеством выходящего, и давление стабилизируется. Чем больше площадь вентиляционных отверстий, тем при меньшем давлении это произойдет и тем лучше будет вентиляция. Поэтому простым увеличением площади входных отверстий можно добиться лучшего результата, чем установкой дополнительных вентиляторов. Если вентилятор не вдувает, а выдувает воздух из корпуса, поменяется только направление потоков, расход останется тем же самым.

Из сказанного следует простой вывод: площадь вентиляционных отверстий должна быть как минимум равна эффективной площади вентилятора (то есть площади, ометаемой лопастями), а лучше несколько превышать ее. Если вентиляторов несколько и они работают в одном направлении (например, на выдув), их эффективная площадь складывается. Изготовители, за редким исключением, этим правилом пренебрегают, полагаясь на подсос воздуха через множество мелких щелей. Поэтому в таких корпусах вентиляция в штатном режиме напоминает бег в противогазе.

В классическом корпусе типа *Tower* воздушный поток должен проходить по диагонали боковой проекции: от переднего нижнего угла в задний верхний. Очевидно, что в противоположных углах образуются за-

стойные зоны. В этих зонах оказываются такие компоненты, как платы расширения, оптические накопители, жесткие диски, что не есть хорошо. Если воздухозаборник в нижней части передней панели имеет достаточную площадь, можно снять одну заглушку портов расширения рядом с видеокартой, чтобы обеспечить дополнительный приток воздуха к системе охлаждения видеокарты.

Установка дополнительного вентилятора на тыльной панели, работающего на выдув, практически окончательно решает проблему вентиляции корпуса в подавляющем большинстве случаев. Для очень горячих процессоров, вроде *Pentium 4 Extreme Edition,* может понадобиться установка воздуховода, выведенного к отсеку 5,25" на передней панели или к отверстию боковой панели.

Установка специальных блоков вентиляции в слоты расширения (Rack) и отсеки накопителей *(Blower),* вентиляторов для жестких дисков и тому подобные меры, конечно, помогают решать проблемы вентиляции, но сильно увеличивает шумность системы. Если стоит задача собрать самую производительную конфигурацию, невзирая на прочие обстоятельства, платформа АТХ при некоторых усилиях обеспечивает приемлемые параметры. Но в целом ситуация такова, что технологические возможности платформы исчерпаны и требуются новые технические решения, которые обеспечат сбалансированность по охлаждению, шумности и электропитанию.

Платформа BTX

В июле 2004 г. состоялась официальное представление финального варианта форм-фактора (платформы) *The Balanced Technology Extended (BTX)* 1.0, разработанного корпорацией *Intel.* Спецификации *Balanced Technology Extended* разработаны с целью стандартизации интерфейсов и определения форм-факторов для настольных вычислительных систем в области их электрических, механических и термических свойств. Спецификации описывают механические и электрические интерфейсы для разработки системных плат, шасси, блоков питания и других системных компонентов.

Спецификациями *BTX* предусмотрены три основных форм-фактора системных плат и корпусов. Вместе с тем, обеспечена поддержка платформ самых различных габаритов при соблюдении одного условия - все системные платы должны иметь стандартную глубину 266,7 мм. Полноразмерная плата *BTX* характеризуется шириной платы 325,12 мм (что соответствует *ATX).* Подразумевается поддержка до 7 слотов расширения. Формат *microBTX* характеризуется шириной платы 264,16 мм. Подразумевается поддержка до 4 слотов расширения. Низкопрофильный формат *picoBTX*

нормируется шириной платы всего 203,20 мм. Подразумевается поддержка лишь одного слота расширения.

Разработчики корпорации *Intel* предложили две образцовых «референсных» модели платформ *BTX,* отличающихся друг от друга объемом корпуса и некоторыми компонентами:

- *S1 (12.9L) BTX Reference Design (BTX)* с емкостью корпуса 12,9 литра;
- *S2 (6.9L) BTX Reference Design (picoBTX)* с емкостью корпуса 6,9 литра.

Подчеркнем, что при разработке *BTX* учитывалось внедрение шин и интерфейсов нового поколения — *PCI Express, Serial ATA, Wi-Fi* и прочих. Вот почему основной шиной, присутствующей во всех платформах, выступает *PCI Express,* причем в шестнадцатиканальном варианте, рассчитанном на подключение графических контроллеров.

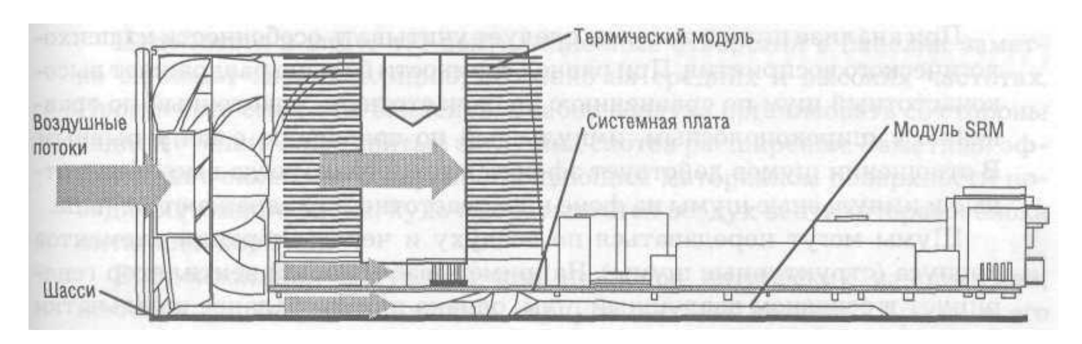
Учитывая нынешнее господство платформы *ATX,* разработчики предусмотрели обратную совместимость с корпусами спецификации *ATX 2.03.* Поэтому системные платы форм-фактора *BTX* можно монтировать в любой из нынешних корпусов *ATX.* Разъемы питания систем *BTX* и требования к стабильности напряжения остались в целом неизмененными по сравнению с *ATX.*

Тем не менее, механизм крепления системных плат семейства *BTX* к шасси значительно изменился. Теперь монтаж производится с помощью специализированных модулей поддержки и крепления *Support and Retention Module (SRM).* Такой механизм одновременно с приданием дополнительной жесткости всей конструкции подразумевает улучшение термобаланса компонентов системы, особенно процессора.

Требования к охлаждению

Организация охлаждения компонентов системы — один из ключевых элементов спецификации *BTX.* На десятках страниц документа детально изложены рекомендации по обеспечению термобаланса компонентов системы: процессора, северного и южного мостов набора микросхем системной логики, модулей памяти, графических и других карт расширения. Отдельно показано движение потоков воздуха для разнообразных сочетаний компонентов. Венцом системы термобаланса платформы *BTX* можно считать единую систему охлаждения — модуль термобаланса *(Thermal Module),* вентилятор которого предназначен для создания воздушных потоков внутри корпуса.

В спецификации *BTX* описаны два типа модулей термобаланса: полноразмерный вариант *Thermal Module Type I* и низкопрофильный вариант *Thermal Module Type II.* Разработчики не дают четких рекомендаций по их установке, полагаясь на здравый смысл сборщиков компьютеров. Очевидно, что в платформе с производительным «горячим» процессором целесообразно установить полноразмерный модуль. Модуль низкопрофильного типа предназначен для компактных платформ, однако ничто



Термический модуль (Type I) платформы BTX

не мешает его установке в настольный компьютер, если он оснащен «холодными» компонентами. Таким образом, типичная платформа *BTX* комплектуется всего двумя вентиляторами: модуля термобаланса и блока питания.

Под названием *Thermal Module* скрывается целая система охлаждения процессора и направляющие профили для оптимизации потоков воздуха внутри корпуса. При разработке дизайна *BTX* были просчитаны самые мельчайшие детали компоновки, например, профиль фигурных вырезов и решеток в шасси системы, через которые поток воздуха выбрасывается наружу. Отдельного упоминания заслуживает мощный радиатор процессора, явно рассчитанный для удовлетворения нужд термобаланса процессоров с тепловой мощностью намного выше 100 Вт.

Требования к шумам системы

Шумы в компьютерах измеряют децибелами (дБ). Эта логарифмическая единица универсальна и безразмерна. Разница на 10 дБ означает, что измеряемая величина в 10 раз больше эталона, на 20 дБ — в 100 раз, на 30 дБ — в 1000 раз. Орган слуха человека усиливает звуки на некоторых частотах, а на некоторых, наоборот, ослабляет. Чтобы учесть коэффициенты ослабления и усиления, вводят так называемую А-коррекцию уровня звукового давления, которая приближает его характеристику к чувствительности человеческого слуха. Такой скорректированный уровень шума тоже измеряют в децибелах, но обозначают их как «дБА».

В акустике децибелы связаны с интенсивностью (мощностью) звука. Но орган слуха воспринимает не интенсивность, а звуковое давление на барабанную перепонку. Между интенсивностью и звуковым давлением существует квадратичная зависимость. При уменьшении интенсивности в 16 раз звуковое давление (а вместе с ним и громкость) снизится только вчетверо. То есть при снижении интенсивности шума на 12 дБ громкость уменьшится в четыре раза.

При анализе шумов системы следует учитывать особенности их психологического восприятия. При равной громкости больше раздражает высокочастотный шум по сравнению с низкочастотным, однотонный по сравнению с широкополосным, импульсный по сравнению с непрерывным. В отношении шумов действует эффект маскировки, когда высокочастотные и импульсные шумы на фоне низкочастотного раздражают меньше.

Шумы могут передаваться по воздуху и через вибрации элементов корпуса (структурные шумы). Например, работающий вентилятор генерирует в основном воздушный шум, однако при дисбалансе крыльчатки возникает вибрация, она передается на корпус и возникает структурный шум. Воздушные шумы уменьшают методами экранирования, шумопоглощения и звукоизоляции, а структурные — методами амортизации и виброизоляции.

Основной способ борьбы с воздушными шумами — улучшение звукоизоляции. Стальной лист боковой панели корпуса толщиной 1 мм на частоте 500 Гц снижает шумы примерно на 27 дБ (то есть снижает звуковое давление в 20 раз). С ростом частоты эффект звукоизоляции возрастает. В итоге 97% звуковой энергии отражается назад. Корпус с толщиной стенок 0,6 мм по эффективности звукоизоляции примерно вдвое хуже.

Оклеивание боковых панелей шумопоглощающими материалами позволяет значительно снизить звуковое давление. При выборе материала важно учитывать, чтобы его поры были открытыми, то есть сообщались между собой, чтобы звуковая волна теряла энергию при прохождении пор. Лучший результат получается в том случае, если пористый материал расположен между двумя сплошными поверхностями: многократное отражение от поверхностей повышает эффективность пористого слоя в десятки раз. Поэтому для оклеивания панелей удобно использовать автомобильную шумоизоляцию.

Материал звукопоглощающий Noisebuster семейства АА

Материалы АА — группа самоклеящихся вспененных материалов для поглощения воздушного шума. Эти материалы имеют толщину вспененной полиуретановой основы 12,5 или 25 мм, покрытие из полиэстеровой пленки с алюминием. Выпускаются в листах 0,5x0,5 м или 1,2x1,2 м. Для оклейки панелей компьютера достаточно двух больших листов. Эффективность материала определяется коэффициентом звукопоглощения (КЗ). КЗ — безразмерная величина, которая вычисляется как отношение поглощенной звуковой энергии к падающей звуковой энергии. КЗ = 0 соответствует нулевому поглощению, КЗ = 1 соответствует полному поглощению.

Частота, Гц	125	250	500	1000	2000	4000
КЗ АА-12,5	0,1	0,18	0,18	0,4	0,9	0,85
КЗ АА-25	0,2	0,25	0,4	0,95	0,75	0,8

Надо иметь в виду, что вентиляционные отверстия в панелях заметно снижают звукоизоляцию, особенно на средних и высоких частотах. Иногда есть смысл их заклеить, а забор воздуха организовать со стороны задней стенки через снятые заглушки слотов расширения. Заметный эффект дает оклеивание звукопоглощающим материалом поверхности позади системного блока, куда выбрасывается воздух вентиляторами блока питания и корпуса.

Виброизоляция актуальна для приводов оптических накопителей, жестких дисков, вентиляторов корпуса и блока питания. Проще всего сразу купить малошумящую модель накопителя, чем бороться с излишним шумом. Но если проблемы с вибрацией возникают, надо акустически развязать устройство и шасси. Для этого удобнее всего использовать специальные корзины и виброизолирующий крепеж, которые выпускаются многими фирмами.

Основной источник шума в компьютере — это различные вентиляторы. Типовой компьютер имеет, как минимум, два вентилятора: в блоке питания и на радиаторе процессора. Зачастую вентилятором оснащена видеокарта. Достаточно производительный и потому «горячий» компьютер обычно имеет дополнительный вытяжной вентилятор в корпусе. Установка специальных бесшумных систем охлаждения (водяных, на тепловых трубках и прочих) сопряжена с большими расходами. Поэтому эффективней бороться с шумом вентиляторов более простыми и дешевыми методами.

Шум вентилятора складывается из нескольких компонентов. Во-первых, это шум собственно вентилятора. Основной тон этого шума расположен на частоте, равной произведению числа оборотов на количество лопастей. Например, при 8 лопастях и 2500 об/мин основная частота шума будет равна 8x2500/60 = 333 Гц. Во-вторых, возникает дополнительный шум при проходе каждой лопасти мимо неподвижного элемента, если лопасти вентилятора расположены близко к ребрам радиатора или другому неподвижному элементу. В-третьих, свою лепту вносит аэродинамический шум воздуха, проходящего через ребра радиатора или другое препятствие. Лучшие условия для охлаждения создает турбулентный воздушный поток. Но по шумности он резко превосходит ламинарный.

Аэродинамический шум зависит исключительно от объема проходящего через радиатор воздуха (расхода). А уменьшение расхода неизбежно приведет к повышению температуры радиатора. Для снижения расхода при сохранении той же температуры процессора необходимо понизить температуру воздуха на входе в вентилятор. Поэтому оптимальным решением остается установка вентилятора с малым расходом и воздуховода, подающего наружный воздух непосредственно на его вход. Таким образом воздушная система охлаждения с хорошей производительностью при низком уровне шума должна иметь специальный воздуховод.

Производители корпусов

В мире существует немало компаний, выпускающих качественные корпуса, полностью удовлетворяющие всем перечисленным выше требованиям.

Компания *Chieftec* выпускает высококачественные корпуса на заводах в Тайване и собственно в Китае. Корпуса не отличаются броским дизайном, но очень хорошо приспособлены для сборки системы любого класса. Семейство *Chieftec DA01W* класса *Full Tower* характеризуется продуманной системой вентиляции, применением хорошего металла, наличием 6 отсеков под внешние устройства. Семейство *DA01WD* относится к категории *Middle Tower* и является грамотно уменьшенной копией старшего брата, со всеми вытекающими приятными последствиями. Послужат отличной платформой для мощного домашнего компьютера. Корпуса семейства *Chieftec TL02W* часто используют в качестве технического эталона— «таким должен быть компьютерный корпус». Боковые панели закрываются на ключ, откидываются после поворота ключа, отсеки дисководов выдвижные, не требуют винтов для крепления накопителей, все порты закрыты заглушками, лицевые панели снимаются руками, без инструментов. В общем, что сборка, что разборка компьютера в корпусе *Chieftec TL02W* вообще не требуют применения инструментов.

Компания *FKI* поставляет корпуса с маркировкой *«Powered by ASUS»*. Наиболее удачные модели *FK603, FK633 (miditower)* и *FK691 (minitower)* имеют блоки питания, соответствующие спецификации *ATX 2.01,* съемные передние и боковые крышки. Панели выполнены многослойными: снаружи идет четырехмиллиметровый слой пластика, потом 10-миллиметровая воздушная прослойка, и лишь потом — слой качественной стали толщиной в 0,3 мм. Такой «бутерброд» обеспечивает максимальную звукоизоляцию корпуса, но слегка затрудняет обмен теплом с окружающей средой. Этот недостаток компенсируется двумя дополнительными вентиляторами, смонтированными на передней и задней стенках корпуса. Все накопители устанавливаются на планках, корпусной вентилятор имеет диаметр 120 мм.

Корпорация *INWIN Development* выпускает качественные корпуса всех форматов, иногда представляемые в России под маркой *Solist.* Качественный металл, точно просчитанные размеры корпусов и надежные блоки питания — вот основные козыри *INWIN.* Табличные данные корпусов подходят для всей линейки. К примеру, все модели *S5xx* по характеристикам аналогичны *S500* и отличаются только лицевой панелью.

Корпуса серии «А» отличаются достаточно скромным внешним видом и пользуются большим спросом у корпоративных клиентов. Многие офисные компьютеры собираются именно на их основе. В числе несомненных

достоинств корпуса — выезжающее на салазках шасси материнской платы. Корпуса семейства «S» отличаются от семейства «А» более обтекаемым дизайном, но имеют меньший объем свободного пространства внутри корпуса. Обладают чрезвычайно удобной системой установки винчестеров и CD-приводов, которые крепятся на специальных планках. Семейство «J» является попыткой угодить требованиям пользователей, обращающих большое внимание на современный дизайн компьютерной техники. Модель *Q500* форм-фактора *Full Tower* отличается большим числом отсеков расширения и очень хорошим охлаждением. Прекрасно подходит для мощного компьютера и дома, и на работе. Серии *X7xx (Full Tower)* и *C7xx (Middle Tower)* специально разработаны для установки современных комплектующих с высоким уровнем тепловыделения. В частности, дополнительный вентилятор в корпусе имеет диаметр 120 мм, что обеспечивает высокий расход при небольших оборотах и низком уровне шума. Боковые панели снабжены вентиляционными отверстиями. Имеется фирменный воздуховод для подачи воздуха к системе охлаждения процессора.

Фирма *Elan Vital* производит корпуса, используемые многими крупными изготовителями компьютерных систем. В России наиболее известны модели Т-5АВ *(minitower)* и Т-10АВ *(miditower),* продаваемые под маркой *ASUS* в трех модификациях: *Classic, Elegant* и *AvantGarde.* Из особенностей можно отметить четыре поворотные «лапы» для повышения устойчивости корпуса, окно приемника ИК-интерфейса на передней панели, саму панель из трех отдельных элементов, выключатель питания с поворотной кнопкой.

Корпорация *Enlight* предлагает корпуса моделей *EN-7100, 7200, 7230, 7600, 7650.* Особенности ее продукции — откидывающиеся шасси под монтаж материнской платы, крепление жестких дисков и флоппи-дисководов при помощи планок, съемные передние панели. Из других характеристик обращает на себя внимание низкий уровень электромагнитных помех блока питания.

Фирма *Chenbro* выпускает качественные корпуса среднего ценового диапазона. Ярким представителем ее продукции служит модель *PC-610* формата миди-тауэр. Эта модель предназначена для «безотверточной» сборки — почти все «метизы» представлены винтами с накатанной головкой, пластиковыми клипсами и крепежными планками. Правда, монтаж системной платы на шасси потребует наличия отвертки, поскольку крепеж выполнен традиционным способом — на винтах. Шасси и боковины корпуса сделаны из добротного металла толщиной 0,8 мм. Передняя панель корпуса пластиковая, с заглушками отсеков накопителей, отверстиями для двух портов *USB,* разъемов микрофона и наушников. В корпусах *Chenbro PC-602* со сменяемыми передними панелями собирают свои компьютеры многие российские фирмы, например «Формоза».

Одним из модных направлений конструирования корпусов стало использование алюминия в качестве основного материала. На этом «фронте» отличается эффектным дизайном изделий и высочайшим качеством продукции компания *Thermaltake.* Ее серия корпусов *Xaser* может служить примером правильного подхода как к конструкции, так и к дизайну корпуса домашнего компьютера. Сама компания корпуса не производит, а заказывает их у фирмы *ChiefTec.* Фактически семейство *Xaser II/III* — это переделанные модели семейства *ChiefTec DX.* Система охлаждения *Xaser* состоит из пяти восьмидесятимиллиметровых вентиляторов. Пара их расположена на передней стенке (работают на вдув), пара — на задней (работают на выдув) и один — напротив видеокарты на боковой стенке. Таким образом система вентиляции исключает застойные зоны внутри корпуса. Частота вращения вентиляторов 2000 об/мин, шум не выше 21 децибел. Семейство *Xaser* оснащается блоками питания *PurePower* производства компании *HPC,* мощностью до 600 Вт. В блоках питания используются вентиляторы с переменной частотой вращения (1300-2400 об/мин), в зависимости от нагрузки.

Среди производителей алюминиевых корпусов есть менее «раскрученные» фирмы, которые выпускают вполне качественные изделия с приемлемой ценой (до 100$): *UTT* Group, *Sky Hawk, Global Win.* Для пользователей, не испытывающих стеснения в средствах, подойдут алюминиевые корпуса производства компаний *Cooler Master* или *Lian Li.* Какие качества эти фирмы считают достойными большой стоимости (около 300$) корпуса? Предоставим слово одному из руководителей *Cooler Master:* «Большинство наших конкурентов используют, в лучшем случае, 1 мм алюминий. Как показали наши исследования, алюминий такой толщины не дает возможности построить прочный корпус. Поэтому толщина алюминия в наших корпусах начинается от 2 мм и более, в зависимости от модели. Мы очень много внимания уделяем точности нашего процесса производства, в наших моделях очень точно подогнаны детали, чтобы минимизировать попадание лишнего воздуха и пыли внутрь корпуса. Большинство наших конкурентов используют 1 мм или 2 мм алюминий по всему корпусу, мы же изготовляем лицевую панель с толщиной от 5 мм (для дешевых моделей) до 10 мм (для дорогих моделей). Также мы внимательно подходим к качеству акрила — он выглядит как стекло, но не бьется и не царапается».

Конечно, существуют и другие изделия, заслуживающие внимания, например — продукция фирмы *Palo Alto.* Однако уровень цен на них также нередко превышает планку в 100$.

Для многих пользователей не последнюю роль играет дизайн корпуса (а некоторые именно с дизайна и начинают выбор). Сегодня на рынке существует немало изделий, ставших примером оригинального подхода к

компьютерному дизайну. Сейчас многие производители выпускают корпуса, который способны служить украшением интерьера.

Хотелось бы предостеречь от приобретения изделий неизвестных китайских «фирм». Часто при внешнем изяществе внутреннее устройство таких корпусов абсолютно нефункционально, а применяемые материалы не выдерживают никакой критики. Самостоятельная сборка компьютера в «китайском» корпусе — сущее мучение.

Системы охлаждения

С ростом рабочих частот и числа транзисторов в современных микросхемах проблема адекватного охлаждения ПК стала чрезвычайно острой. Причем сейчас речь идет отнюдь не о разгоне, а о функционировании системы в штатном режиме. Ныне для отвода тепла от компонентов требуются целые системы, стоимость которых сравнима с младшими моделями самих процессоров. Такие системы классифицируются по способам отвода тепла:

- воздушные;
- на элементах Пельтье;
- водяные;
- криогенные.

Бурный прогресс в разработке и производстве изделий для обеспечения нормального термодинамического режима работы процессоров объясняется опережающим увеличением значений тепловыделения кристаллов мощных процессоров для ПК. Упрощенно можно считать, что превышение значения 30 Вт тепловой мощности на кристалле уже требует особого подхода к конструкции системы охлаждения. Сейчас ситуация с уровнем тепловыделения высокоскоростных процессоров выглядит удручающе, что вызывает озабоченность специалистов и пользователей.

Таблица 7. Тепловая мощность процессоров

AMD K6-III	450	20
AMD Athlon XP 2100+	1733	72
AMD Sempron 3000+	2000	62
Pentium 4 2.0	2000	75,3
Pentium 4 3.40E	3400	103
Pentium 4 EE 3.46	3460	110,7
Pentium 4 570	3800	115

Очевидно, что при таких тепловых мощностях процессоров вопросы термодинамики становятся критически важными. Проблема имеет две составляющих: контроль за температурой ядра процессора и способы охлаждения кристалла.

В вопросах контроля за температурой процессора существует два радикально отличающихся подхода: внутренний мониторинг посредством встроенной в кристалл схемы и внешний контроль датчиками системной платы. Причем в последнем случае датчики могут встраиваться в центральный вырез разъема процессора или монтироваться на радиатор системы охлаждения. Очевидно, что объективные данные выдают только схемы контроля, встроенные в ядро процессора. Таковыми схемами обладают процессоры *Pentium, Ill/Celeron* с ядром *Coppermine* (упрощенный вариант, без управлящей логики), *Pentium III* с ядром *Tualatin, Pentium 4* (полная схема с управляющей логикой *ThermalMonitor), AMD Athlon/Duron* и *Athlon XP* (упрощенный вариант), *Athlon 64, Athlon FX.* Встроенный термомониторинг процессоров *AMD Athlon XP* имеет существенный недостаток: при скорости повышения температуры более чем на один градус за секунду система не срабатывает.

Полагаться на показания внешних датчиков ни в коем случае нельзя. Подбор параметров системы охлаждения для процессора без встроенной системы контроля температуры следует проводить по результатам тестов, выполненных на профессиональном оборудовании и опубликованных в заслуживающих доверия источниках. Лучше всего, если конкретную модель системы указывает (рекомендует) сам производитель процессоров. Особенно актуально это для процессоров, поставляемых в OEM-варианте. Процессоры *Pentium 4* поставляются, как правило, только в «боксовом» *Retail*-варианте, в комплекте с системой охлаждения.

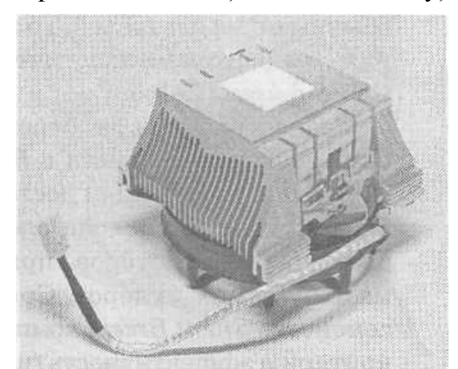
Общая схема отвода тепла от корпусов процессоров выглядит примерно следующим образом. В корпусах *FC-PGA* основная доля тепловой мощности рассеивается кристаллом, имеющим небольшую площадь: 105 мм^2 для *Intel Pentium III/Celeron* и 120 мм^2 для *AMD Athlon.* Через термопасту нагрев передается на радиатор, площадь которого в десятки раз больше. В корпусах *FC-PGA2 (Pentium III Tualatin), FC-LGA4 (Pentium 4), OPGA (Athlon 64, Athlon FX, Sempron)* производитель устанавливает поверх кристалла через прослойку термопасты алюминиевую пластину распределителя тепла *(Integrated Heat Spreader, IHS).* Радиатор системы охлаждения соприкасается с источником тепла на гораздо большей площади, что существенно улучшает теплоотвод.

Воздушные системы охлаждения

Воздушные системы охлаждения основаны на передаче тепловой энергии от процессора к радиатору, имеющему гораздо большую площадь

поверхности, чем кристалл, через которую и отводится излишек тепла. Процессоры малой мощности (например, *VIA C3 или Pentium M)* обходятся только радиатором. Однако в большинстве настольных систем используют систему охлаждения, в которой поверхность радиатора обдувается воздушным потоком, создаваемым вентилятором. При тепловыделении мощностью до 30 Вт достаточно применить обычный вентилятор 50x10, обдувающий алюминиевый радиатор. Значительное превышение значения 30 Вт тепловой мощности вызывает необходимость увеличивать площадь радиатора и производительность вентилятора. В сложных случаях (при тепловыделении процессора более 50 Вт) приходится оптимизировать форму ребер радиатора, применять материалы с хорошей теплопроводностью (медь), наращивать производительность вентилятора за счет увеличения диаметра крыльчатки и числа оборотов, а иногда устанавливать два вентилятора.

Да, теплопроводность меди в два раза выше, чем у алюминия. Но вес! Удельный вес меди выше алюминия ровно в три раза. Да еще и фактор цены — только за последний год медь подорожала на 70%, а в 2005-м году, по прогнозам аналитиков, стоимость меди на биржевых торгах должна перевалить отметку 3000$ за тонну, тогда как цена алюминия — 1400$ за тонну. Все эти аргументы говорят о том, что медь никогда не станет массовым материалом при производстве компьютерных кулеров, оставаясь дорогостоящей экзотикой для экстремальных пользователей. А в массовом производстве разработчикам придется искать методы более эффективного использования алюминия как более доступного материала для охлаждения процессоров.



Алюминиевый радиатор с медной вставкой

Главным «двигателем прогресса» в области построения систем охлаждения выступают любители форсирования («разгона», «оверклокинга») центрального процессора. Понятно, что увеличение рабочей частоты процессора сверх штатной приводит к резкому росту тепловой мощности. Рекомендуемые производителем процессора системы охлаждения не способны справится с отбором и рассеиванием тепла, выделяемого форсированным процессором. Поэтому для форсированных систем разрабатываются специальные конструкции радиаторов и вентиляторов.

Одно время были популярны системы охлаждения фирм *Thermaltake* (семейство *Orb)* и *Titan.* Радиаторы этих изделий отличает вертикальное расположение ребер по периметру цилиндра, вдоль направления воз-

душного потока. Выпускались модели *Chrome Orb* (диаметр 69 мм) и *Mini Chrome Orb* с алюминиевым радиатором, *Super Chrome Orb* (с увеличенной до 75 мм высотой радиатора и двумя вентиляторами), *Mini Copper Orb* (с медным основанием радиатора) и самый мощный (но чрезвычайно шумный) *Dragon Orb*. Шум вентилятора (при оборотах около 7000 в минуту) и рев воздушного потока превратили использование компьютера в домашних условиях в пытку.

Очевидно, что площадь квадрата будет всегда больше площади вписанного в него круга. Поэтому от использования круглых радиаторов постепенно отказались. Фирма *Thermaltake* разработала серию прямоугольных кулеров *Volcano*. Неплохую репутацию получили системы охлаждения фирмы *Elan Vital,* имеющие прямоугольный в плане алюминиевый радиатор (в том числе предлагается вариант с медным основанием).

Чемпионами в эффективности являются системы с полностью медными радиаторами, например *KANIE Hedgehog* или *Thermalright SK6*. Однако стоят они несколько десятков долларов (часто дороже младших моделей процессоров) и потому рассчитаны скорее на оверклокеров, чем обычных пользователей. То же самое можно сказать о системах охлаждения с радиаторами экзотической формы: в виде раскрытого веера (серия *CNPS* фирмы *Zalman)*.

Сейчас процессоры основных производителей *(Intel* и *AMD)* можно без проблем приобрести в *Retail*-поставке, то есть со штатной системой охлаждения, имеющей достаточную эффективность и приемлемый уровень шума. Однако если следовать новомодной тенденции сборки «бесшумных» компьютеров, придется приобретать специальные варианты малошумящих кулеров. Среди моделей типовой конструкции отметим семейство *Silent Breeze* компании *Glacial Tech*. Наилучшие результаты по критерию эффективность/шумность дает применение технологии теплопроводных трубок.

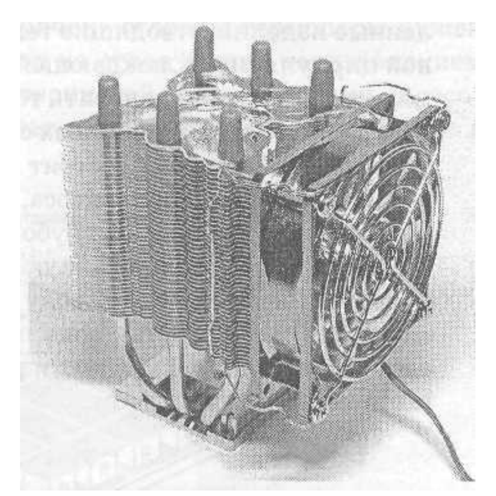
Тепловые трубки

Воздушные системы охлаждения с тепловыми трубками в последние годы получили популярность среди подготовленных компьютерных пользователей благодаря хорошему соотношению параметров стоимость/эффективность/шумность.

Впервые термин «тепловая трубка» использован американским изобретателем Г. Гровером в описании к патенту США 3-229-759. Тепловые трубки способствуют эффективному теплоотводу от поверхности процессора, а по коэффициенту теплопроводности в сотни раз превосходят обычные медные трубки. По принципу действия тепловые трубки во многом схожи с термосифонами, в которых теплоотвод осуществляется за счет тепловой конвекции.

Простейший термосифон представляет собой полую, герметично закрытую трубку (например, из меди), внутри которой имеется небольшое количество рабочей жидкости. Термосифон располагается вертикально, а конец с жидкостью помещается в область повышенной температуры. При подводе тепла жидкость начинает превращаться в пар (зона испарения), который в результате конвекции движется вверх, то есть в зону с меньшей температурой. При остывании пар конденсируется и по стенкам термосифона под действием гравитационных сил стекает вниз. Для эффективного теплоотвода с помощью такого термосифона необходимо обеспечить постоянный отвод тепла от зоны конденсации, что можно сделать с помощью радиатора. То есть необходимо, чтобы всегда существовал градиент температуры и чтобы температура зоны конденсации была достаточной для конденсации пара.

Для построения универсальных систем охлаждения необходимо, чтобы теплоотвод осуществлялся при любом положении трубки. Для этого возврат конденсата в зону испарения должен происходить не под действием гравитационных сил, а вопреки их действию. Таким механизмом возврата служит капиллярный эффект в пористом материале, который реализуется в тепловых трубках.



Система охлаждения Titan Vanessa с радиатором на тепловых трубках

Тепловые трубы, используемые для системы охлаждения процессоров, обычно изготавливаются из меди, а на их внутреннюю поверхность наносят слой пористого материала. В качестве рабочей жидкости могут использоваться различные вещества, которые должны удовлетворять определенным условиям. Во-первых, рабочая жидкость должна иметь точку фазового перехода «жидкость — пар» в требуемом диапазоне рабочих температур. Во-вторых, жидкость должна обладать достаточно большой удельной теплотой парообразования, так как чем выше удельная теплота парообразования, тем меньше потребуется жидкости. В-третьих, жидкость должна обладать достаточно высокой теплопроводностью, чтобы свести к минимуму перепад температур между стенкой трубки и поверхностью испарения. В данном случае предпочтительнее использование жидкостей с высоким поверхностным натяжением, поскольку такая жидкость обладает ярко выраженным капиллярным эффектом. При охлаждении процессоров в

качестве рабочей жидкости используют воду (диапазон рабочих температур от 30° до 200 °С) или ацетон (диапазон рабочих температур от 0° до 120 °С).

Капиллярно-пористый материал, используемый в тепловых трубках, должен быть достаточно мелкопористым для улучшения капиллярного эффекта, однако слишком мелкопористая структура будет препятствовать проницаемости жидкости. Выбор капиллярно-пористого материала зависит как от рабочих температур, так и от общей длины тепловой трубки.

Водяное охлаждение

Похоже, разработчики систем охлаждения для процессоров повторяют путь, пройденный «двигателистами»: появились многочисленные промышленные изделия, отводящие тепло от кристалла с помощью принудительной циркуляции охлаждающей жидкости. Быть может, не за горами время, когда мы будем доливать тосол в компьютер наравне с автомобилем...

Одной из многих серийных систем является *AquaCool* фирмы *InfiniPro Technology*. Комплект состоит из медного теплообменника, крепящегося к процессору, водяного насоса, медного радиатора, вентилятора и соединительных силиконовых трубок. В качестве жидкости рекомендуется использовать дистиллированную воду. Принцип работы системы предельно прост: насос прокачивает воду через теплообменник, который закреплен на кристалле. Нагретая вода поступает в радиатор, где охлаждается за счет увеличения поверхности рассеивания тепла и обдува воздухом, нагнетаемым вентилятором.

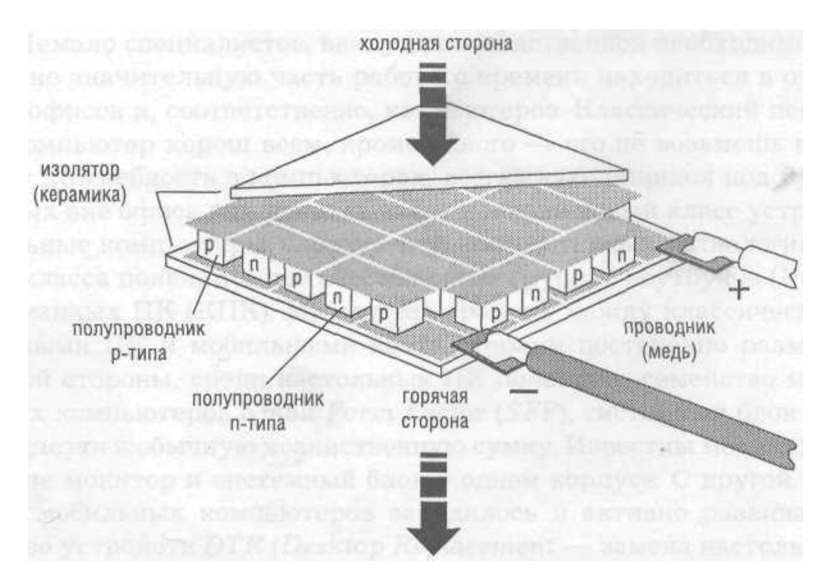


Комплект водяной системы охлаждения с внешним радиатором и блоком управления

Испытания показывают, что эффективность системы водяного охлаждения на 35-40% выше, чем у типовых систем воздушного охлаждения. Однако уровень шума, создаваемого насосом и вентилятором, достигает 48-50 Дб, причем в неприятном для слуха диапазоне. Кроме того, стоимость системы значительно превышает стоимость самого мощного процессора *Athlon.*

Элементы Пельтье

Принцип работы элементов Пельтье основан на явлении термоэлектрической эмиссии. Отметим, что для охлаждения процессора с рассеиваемой мощностью 50-60Вт потребуется элемент Пельтье не меньшей мощности, с потребляемым током 10—15 А, который так поднимет температуру внутри корпуса, что прочим компонентам компьютера станет невмоготу. Кроме того, для охлаждения «горячей» стороны термопары нужен мощный вентилятор. Причем его выход из строя грозит расплавлением и модуля Пельтье, и процессора, и материнской платы. Поэтому целесообразно использовать элементы Пельтье для охлаждения процессоров с тепловыделением 20—25 Вт и ниже.



Принцип устройства элемента Пельтье

Криогенные установки

Другим экзотическим способом охлаждения служат криогенные установки. Работают они по тому же принципу, что и бытовые холодильники. Поэтому состав таких систем вполне предсказуем: компрессор, испари-

тель, радиатор (расширитель) и соединительные элементы. Фирма *Asetek* выпускает корпуса модели *Vapochill* со встроенным криогенным охладителем на фреоне. Естественно, что испаритель выполнен миниатюрным и охлаждает только кристалл процессора. В результате мощность, потреблемая криогенной системой охлаждения, не превышает 50-70 Вт. Вместе с тем надо понимать, что фирма запрашивает за такую систему столько денег, что их хватило бы на покупку настоящего домашнего холодильника.

Серийного производства криогенных систем пока не налажено. Каждый раз создается по сути уникальная, единичная конструкция, нацеленная на достижение рекордных результатов в разгоне процессора.

Мобильные компьютеры

- Классификация мобильных компьютеров
- Архитектура мобильных компьютеров
- Карманные компьютеры

У настольных ПК, в настоящее время представляющих доминирующий класс компьютеров, при всех их достоинствах есть принципиальные особенности, препятствующие мобильности: ни конструкция этих устройств, ни габариты, ни вес и, конечно, способ электропитания не допускают их мобильного использования.

Между тем потребность в портативных устройствах чрезвычайно высока. Немало специалистов, ввиду производственной необходимости, вынуждено значительную часть рабочего времени находиться в отрыве от своих офисов и, соответственно, компьютеров. Классический персональный компьютер хорош всем, кроме одного — его не возьмешь с собой в дорогу. Потребность в компьютерах, всегда находящихся под рукой, доступных вне офиса или дома, вызвала к жизни новый класс устройств — мобильные компьютеры. С развитием компьютерных технологий внутри этого класса появились две обособленных группы: ноутбуков *(Notebooks)* и карманных ПК (КПК). Между тем граница между классическими настольными ПК и мобильными компьютерами постепенно размывается. С одной стороны, среди настольных ПК появилось семейство малогабаритных компьютеров *Small Form Factor (SFF),* системный блок которых помещается в обычную хозяйственную сумку. Известны модели, объединяющие монитор и системный блок в одном корпусе. С другой стороны, среди мобильных компьютеров зародилось и активно развивается семейство устройств *DTR (Desktop Replacement* — замена настольного ПК) с немалыми габаритами и весом. Кроме того, появились компьютеры на мобильной платформе, но работающие только от сети *(Desknote).*

На наш взгляд, ключевым элементом, определяющим принадлежность компьютера к тому или иному классу, служит возможность автономной работы от встроенного источника питания (аккумулятора). Если компьютер способен работать от встроенного источника питания, он, несомненно, принадлежит к классу мобильных устройств.

К настоящему времени сложилось три основных способа классификации мобильных компьютеров: по габаритам и массе, по функциональным возможностям и цене, по типу платформы. Нетрудно заметить, что единой системы классификации пока не существует.

Ранее использовалась более-менее объективная система классификации по количеству накопителей (числу «шпинделей»). Такой подход позволял судить о размерах мобильного компьютера (больше накопителей — больше размер) и его производительности. Трехшпиндельные модели (жесткий диск, оптический накопитель, накопитель гибких магнитных дисков) позиционировались как «замена настольного ПК», а одношпиндельные ноутбуки относились к легким и малогабаритным моделям. В настоящее время эта классификация потеряла актуальность, поскольку оптические приводы стали комбинированными *(CD* плюс *DVD,* часто с возможностью записи) и компактными, а накопители гибких магнитных дисков вытеснены устройствами флэш-памяти. Поэтому современный одношпиндельный тонкий ноутбук с разъемом *CompactFlash* по функциональности мало в чем уступает ноутбуку *DTR.*

Классификация мобильных компьютеров

Классификация по габаритам и массе

Один из важнейших параметров мобильного компьютера — его габариты и масса. По этому показателю мобильные компьютеры принято разделять на следующие группы:

- карманйые персональные компьютеры (КПК);
- ультракомпактные (субноутбуки);
- «тонкие» ноутбуки;
- среднеформатные ноутбуки (ранее назывались «наколенными» — *Laptop);*
- замена настольного ПК *(DTR).*

Особую группу образуют планшетные компьютеры *(Tablet PC),* оснащенные сенсорными экранами. По размерам и массе они примерно соответствуют «тонким» ноутбукам.



Ноутбук «классической» категории ASUS M5200N

Классификация по функциональным возможностям и цене

Производители ноутбуков предпочитают разделать мобильные компьютеры по их возможностям и цене. Согласно этой классификации различают:

- массовые модели;
- бизнес-ноутбуки;
- ультрапортативные;
- высокопроизводительные.

Очевидно, что границы такой классификации очень размыты, а решение отнести ту или иную модель к определенному классу целиком лежит на совести производителя.

Классификация по типу платформы

Тип центрального процессора, установленного в мобильный компьютер, во многом обусловливает его производительность. Состав платформы (процессор, набор системной логики, графический контроллер и дисплей) определяет возможности, габариты и массу ноутбука практически на 90%. Поэтому техническая классификация по типу платформы в настоящее время является самой объективной, хотя и трудно воспринимаемой массовым потребителем. По типу платформы можно выделить следующие категории мобильных компьютеров:

- *AMD Athlon 64DTR, Intel Mobile Pentium 4*;
- *Intel Pentium* M;
- *AMD Athlon XP-M, Mobile Sempron;*
- *Intel Celeron M, Mobile Celeron;*
- *VIA C3 Antaur, Transmeta Efficion;*
- *Intel XScale, TI OMAP, Samsung S3C* и тому подобные.

Возможности процессоров для мобильной платформы характеризует, помимо прочего, так называемый «тепловой пакет». Он представляет собой максимальную тепловую мощность, развиваемую процессором, и обеспечивающие эффективный отвод тепла компоненты платформы.

Архитектура мобильных компьютеров

Ноутбук представляет собой полностью автономную вычислительную систему, не требующую для функционирования внешних устройств. Если пользователь ноутбука вдруг попадет в средние века, он сможет эксплуатировать компьютер, не испытывая никаких затруднений, вплоть до исчерпания заряда аккумуляторов. Это коренное отличие от настольных

систем обусловливает различия в архитектуре ноутбуков и настольных ПК.

Архитектура ноутбука всегда является результатом компромисса между взаимоисключающими техническими требованиями:

- минимальные габариты и масса;
- максимальное время автономной работы;
- производительность, не уступающая настольным ПК;
- высокая емкость накопителей;
- поддержка современных мультимедийных технологий;
- экран высокого разрешения;
- полноразмерная клавиатура;
- полный комплект современных внешних интерфейсов.

С целью обеспечить приемлемый компромисс между перечисленными требованиями разработчики были вынуждены постепенно отказываться от использования стандартных комплектующих и создавать специализированные, «заточенные» под мобильные технологии компоненты платформы. Сначала появились специальные процессоры для мобильной платформы, затем дошла очередь до наборов системной логики, модулей оперативной памяти, накопителей, графических ускорителей, дисплеев и других компонентов платформы.

Компания *Intel* первой разработала комплектную мобильную платформу *Centrino,* объединяющую специально разработанные компоненты. В настоящее время ей на смену пришла платформа *Sonoma:* процессор *Pentium* M, набор микросхем системной логики *Alviso,* оперативная память *DDR II,* графический контроллер *GMA 900,* интерфейс *Serial ATA* для накопителей, звуковой контроллер *Intel High Definition Audio,* адаптер беспроводной сети 802.11. На смену платформе *Sonoma* должны прийти платформа *Florence,* предназначенная для создания мобильных компьютеров нового поколения: с возможностью свободной ориентации сенсорного дисплея относительно корпуса, оснащенных сканерами отпечатков пальцев, Web-камерами, динамиками *SRS* и другим оборудованием. Пока только корпорация *Intel* предлагает специально разработанные для мобильных компьютеров платформы, поскольку это требует больших инвестиций в НИОКР, что не могут себе позволить другие фирмы.

Процессоры для мобильных ПК

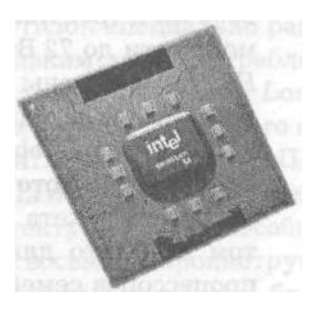
Процессоры *AMD Athlon 64 DTR* или *Intel Mobile Pentium 4* устанавливают в ноутбуки класса «замена настольного ПК». В рамках данного класса компании *AMD* и *Intel* предлагают обычные процессоры, выпускаемые для настольных ПК, но снабженные дополнительными элементами, снижающими энергопотребление и тепловыделение. Процессоры *Intel Mobile Pentium 4* изготавливают на ядре *Northwood* (кэш-память второго уров-

ня объемом 512 Кбайт) с поддержкой технологии *Hyper-Threading* или без нее. Рабочие частоты достигают 3,2 ГГц. Системная шина поддерживает технологию *Quad Pumped* и работает на тактовой частоте 533 МГц. Тепловой пакет рассчитан на типичную мощность 76 Вт. Вариант процессора на ядре *Prescott* имеет кэш-память второго уровня объемом 1 Мбайт, рабочие частоты до 3,2 ГГц. Тепловой пакет *Intel Mobile Pentium 4* на ядре *Prescott* рассчитан на мощность до 94 Вт, что является рекордом для мобильных процессоров. С целью уменьшения энергопотребления процессоры *Intel Mobile Pentium 4* поддерживают технологию *SpeedStep,* понижающую частоту при низкой загрузке процессора.

Процессоры *AMD Athlon 64 DTR* ничем не отличаются от процессоров для настольных компьютеров. Они оснащены кэш-памятью второго уровня объемом 1 Мбайт, поддерживают технологию снижения энергопотребления *Cool'n'Quiet.* Рабочие частоты достигают 2200 МГц (рейтинг до 3400+). Тепловой пакет рассчитан на мощность до 81,5 Вт.

Процессор *Intel Pentium M* имеет архитектуру, специально разработанную для использования в мобильных компьютерах. Это единственный образец такого рода среди других моделей, которые в лучшем случае лишь приспосабливались к особенностям использования в ноутбуках. Ядро процессора основано на микроархитектуре *Pentium III Tualatin,* подвергшейся значительной переработке. В частности, в ядро внедрена поддержка системы команд *SSE2,* что соответствует уровню *Pentium 4 Northwood.* Однако система команд *SSE3,* реализованная в *Pentium 4 Prescott,* процессором *Pentium M* на ядре *Banias пли Dothan* не поддерживается.

Конвейер целочисленных операций *Pentium* M при одинаковом с *Pentium III* числе исполнительных устройств (пять) увеличен с 10 до 14 стадий. Как известно, увеличение длины конвейера позволяет повысить рабочие частоты процессора или снизить тепловыделение при равных частотах. Удлинение конвейера обусловлено появлением в нем блоков наслоения микроопераций *(Micro-ops Fusion, MOF).* Суть технологии *MOF* достаточно проста: для некоторого набора *x86*-инструкций *RISC-декодер* осуществляет привязку друг к другу зависимых микроинструкций, полученных при декодировании сложных команд. Такие микроинструкции поступают в конвейер в нужной последовательности, исключая простои процессора и снижая энергопотребление.



Процессор Intel Pentium M

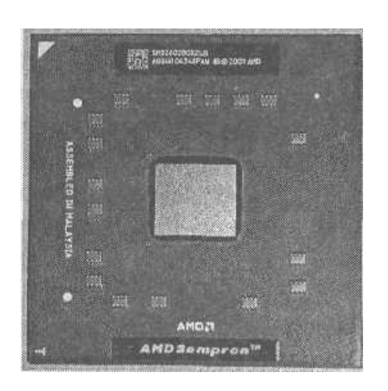
В процессоре *Pentium M* по сравнению с *Pentium III* усовершенствован механизм предсказания ветвлений, который в значительной мере заимствован у ядра *Northwood* процессора *Pentium 4.* Кроме того, добавлены блоки определения циклов и косвенного предсказания

переходов. Тем самым примерно на 20% уменьшено количество ситуаций, когда конвейер полностью сбрасывается.

Процессор *Pentium M* использует системную шину *Quad Pumped* с частотой до 533 МГц и 32-битной адресацией, схемотехника которой аналогична системной шине *Pentium 4.*

Большой объем кэш-памяти второго уровня (до 2 Мбайт) позволяет разгрузить системную шину и тем самым снизить энергопотребление платформы. В свою очередь, восемь областей ассоциативности кэша *L2* разделены на четыре квадранта каждая, доступ к которым осуществляется раздельно. Такая схема работы с кэшем позволяет снизить его энергопотребление почти в четыре раза.

В целом архитектура *Pentium M,* особенно на ядре *Dothan,* оказалась очень удачной. Процессор успешно конкурирует с *AMD Athlon 64 3000+* и при рабочей частоте до 2,13 ГГц практически не уступает *Pentium 4* 3,2 ГГц. Этим объясняется его тотальное превосходство на рынке мобильных систем, где он не только превзошел конкурентов от *AMD,* но и вытеснил «родственника» *Pentium 4.*



Процессор AMD Mobile Sempron

Процессоры *AMD Athlon XP-M* и *Mobile Sempron* предназначены для того же сектора рынка мобильных платформ, что и процессор *Pentium M.* Представители семейства процессоров *Athlon XP-M* ничем не отличаются от своих собратьев для настольных систем. Но платформа для них поддерживает технологию *PowerNowl,* позволяющей снизить энергопотребление и тепловыделение при неполной загрузке процессора. В семействе *Athlon XP-M* представлены процессоры на ядре *Thoroughbred* (кэш *L2* объемом 256 Кбайт) и на ядре *Barton* (кэш L2 объемом 512 Кбайт). Рабочие частоты достигают 2200 МГц (рейтинг процессора до 3200+), тепловой пакет рассчитан на мощности до 72 Вт. Более экономичные модели относятся к классу *Low Power,* оснащены специфическим интерфейсом с разъемом *Socket 563,* рассчитаны на тепловой пакет 16-35 Вт.

Процессор *Mobile Sempron* построен на урезанной архитектуре *Mobile Athlon 64.* Некоторые представители семейства укладываются в рамки теплового пакета 25 Вт, который в настоящее время является стандартом де-факто для массового сегмента рынка ноутбуков. Архитектура процессоров семейства *Mobile Sempron* базируется на ядрах *Dublin* или *Georgetown,* в которых отключены 64-битные расширения *Athlon 64.* В качестве системной используется шина *Hyper Transport* с частотой 800 МГц. Встроенный контроллер памяти поддерживает один канал спе-

цификации *DDR SDRAM.* Кэш-память второго уровня сокращена до 256 или 128 Кбайт, в зависимости от модификации.

Процессоры *Mobile Sempron* на ядре *Georgetown* выпускаются с рейтингом до 3000+, рассчитаны на тепловой пакет 62 Вт. Процессоры *Mobile Sempron* на ядре *Dublin* имеют рейтинг до 2800+ и рассчитаны на тепловой пакет 25 Вт.

Процессоры *Intel Celeron M* и *Mobile Celeron* широко представлены в категории недорогих ноутбуков. Как правило, платформа такого компьютера функционально вполне современна и отличается от старших моделей только меньшей производительностью процессора. Семейство процессоров *Celeron M* построено на ядре *Banias,* но с уменьшенным до 512 Кбайт кэшем второго уровня. Также не имеется поддержки технологии *SpeedStep,* что, строго говоря, не соответствует спецификациям платформы *Centrino.* Процессоры семейства *Celeron M* имеют рабочие частоты до 1,5 ГГц и рассчитаны на тепловой пакет до 24,5 Вт.

Семейство *Intel Mobile Celeron* имеет архитектуру, основанную на ядре *Northwood,* но с уменьшенной до 256 Кбайт кэш-памятью второго уровня. Рабочие частоты достигают 2,5 ГГц при частоте системной шины 400 МГц. Семейство укладывается в тепловой пакет 35 Вт. С переходом семейства *Mobile Celeron* на ядро *Prescott* энергопотребление немного снижается.

Процессоры сравнительно низкой производительности *(Low Voltage Intel Pentium M, Ultra Low Voltage Intel Pentium M, Transmeta Efficion, VIA C3 Antaur)* используют для комплектации субноутбуков и ноутбуков начального уровня. Процессоры семейства *Low Voltage Intel Pentium M* выпускаются с пониженным напряжением питания и уменьшенной рабочей частотой. За счет этого удалось снизить требования к тепловому пакету до 12 Вт (для процессоров на ядре *Banias)* или до 10 Вт (для процессоров на ядре *Dothan).* Семейство процессоров *Ultra Low Voltage Intel Pentium M* еще более экономично: для него достаточно теплового пакета 5-7 Вт.

Ноутбуки на платформе *Transmeta Efficion* редко можно встретить на российском рынке. Выпускаются они лишь несколькими японскими фирмами. Между тем архитектура процессора *Efficion* специально разработана для использования в компьютерах с низким энергопотреблением. В процессорах *Efficion* используется ядро типа *VLIW (Very Long Instruction Word* — сверхдлинные команды), что в корне отличает его от микроархитектуры *RISC* процессоров *Intel* или *AMD* для настольных ПК. Ближайшим аналогом ядра *Efficion* является *VLIW*-ядро мощнейшего 64-битного процессора *Intel Itanium.* Микроархитектура *VLIW* способна обрабатывать за каждый такт слово, состоящее из восьми микроинструкций. Для этого ядро располагает одиннадцатью исполнительными блоками с конвейерами длиной по шесть стадий и сложной системой регистров. Ключевая особенность процессора *Efficion* — наличие встроенного программного компилятора для перевода *x86*-инструкции в слова *VLIW*

перед отправкой их в ядро. Компилятор *(Code Morphing Software)* хранится в энергонезависимой памяти системы. Фактически компилятор одновременно выполняет функции транслятора кода, блока предсказания ветвлений и обеспечивает внеочередное исполнение инструкций. То есть часть привычных аппаратных блоков обычных процессоров эмулируется программно. Благодаря этому тепловыделение процессоров *Efficion* очень мало. Другим преимуществом такой архитектуры является возможность оптимизации работы ядра заменой микропрограммы компилятора. Например, процессор последовательно получал возможность исполнять инструкции *SSE2* и *SSE3,* без переделки архитектуры ядра.

Помимо ядра процессор *Transmeta Efficion* содержит кэш-память второго уровня объемом 1 Мбайт, интегрированные контроллеры памяти, шины *AGP4X,* шины *HyperTransport* (для соединения с южным мостом) и шины *LPC.*

На рынке присутствуют две модели процессоров с ядром *Efficion.* Модификация *TM8600* выпускается по технормам 130 нм, содержит 80 млн. транзисторов, имеет рабочие частоты 1,2 ГГц и рассчитана на тепловой пакет до 12 Вт. Модификация *TM8800* выпускается по технормам 90 нм, имеет рабочие частоты до 1,6 ГГц и рассчитана на тепловой пакет до 7 Вт. Все модификации поддерживают технологию энергосбережения *Enchance LongRun,* снижающую частоту и напряжение процессора при неполной загрузке.

Процессор *VIA Antaur* обычно используют для комплектации субноутбуков и ноутбуков низшей ценовой категории. В основе *Antaur* лежит архитектура ядра *Nehemiah* процессора *VIA C3.* Поэтому характеристики *Antaur* практически не отличаются от характеристик процессора *C3.*

Процессоры семейства *Antaur* выпускаются по технормам 130 нм, насчитывают 20,5 млн. транзисторов. Ядро имеет 16-стадийный исполнительный конвейер, блок предсказания ветвлений, кэш-память второго уровня объемом 64 Кбайт, кэш-память первого уровня объемом по 64 Кбайт для инструкций и данных, блок операций с вещественными числами, блок обработки инструкций *SSE,* а также блок аппаратного шифрования данных *Padlock Data Encryption Engine.* Частота системной шины до 200 МГц, рабочая частота до 1,4 ГГц, тепловой пакет рассчитан на мощность до 19 Вт.

Наборы микросхем системной логики

Набор микросхем системной логики (НМСЛ) обеспечивает управление некоторыми интерфейсами, а также коммутирует множество разнообразных шин и обеспечивает буферизацию данных при обмене данными между шинами.

Системная шина соединяет процессор и НМСЛ. Как правило, схемотехника системной шины в ноутбуках мало отличается от таковой в настольных компьютерах. В частности, в платформе на процессорах *Pentium M* используется системная шина *Quad Pumped Bus* с эффективной частотой до 400 МГц (физическая частота 100 МГц). Процессоры *AMD Athlon 64* в мобильных модификациях используют в качестве системной шину *HyperTransport* с частотой 400 МГц.

Шина памяти обеспечивает обмен данными между модулями памяти и контроллером, расположенным либо в микросхеме набора системной логики, либо в центральном процессоре *(AMD Athlon 64).* В мобильных платформах современного уровня поддерживается память типа *DDR SDRAM* спецификации *PC3200* или *PC2700.* Как правило, используются модули памяти формата *SODIMM (Small Outline DIMM),* которые меньше по размерам, но имеют больше контактов, чем модули *DIMM* для настольных ПК. В частности, в модулях *SODIMM* используется 200 контактов вместо 184 в *DIMM.* В субноутбуках и тонких ноутбуках часто используют малогабаритные модули формата *MicroDIMM.*

В настоящее время в платформах высшей ценовой категории используют память спецификации *DDR П.* По пиковой пропускной способности она мало отличается от памяти *DDR,* но потребляет заметно меньше энергии за счет снижения напряжения питания с 2,5 В до 1,8 В.

В качестве основного интерфейса для графических контроллеров пока используется шина *AGP* (в том числе и в интегрированных в северный мост НМСЛ графических адаптерах). Происходит постепенная миграция видеоускорителей на интерфейс *PCI Express 16x.* В частности, для этого интерфейса компания *nVidia* выпускает графический адаптер *MXM Graphics Module, а* компания *ATI* — видеоускоритель *AXIOM.*

В отличие от настольных ПК, платформа мобильных компьютеров не имеет стандартного разъема шины *AGP* или *PCI Express.* Поэтому графический процессор, если он выполнен отдельно, интегрируется в системную плату. Очевидно, что замена видеоускорителя невозможна.

Шины дисковых накопителей (жесткие диски и оптические приводы) обычно поддерживают стандартный двухканальный интерфейс *АТА-100.* То есть теоретически к платформе можно подключить до четырех накопителей. На практике ограничиваются одним жестким диском и одним оптическим накопителем ввиду массо-габаритных ограничений. На смену *АТА-100* приходит последовательный интерфейс *Serial ATA,* позволивший упростить монтаж и несколько снизить энергопотребление. В плане производительности дисковой подсистемы все осталось по-прежнему.

Интерфейсы внешних устройств играют в мобильной платформе чрезвычайно важную роль. Ноутбук нельзя оснастить полным комплектом

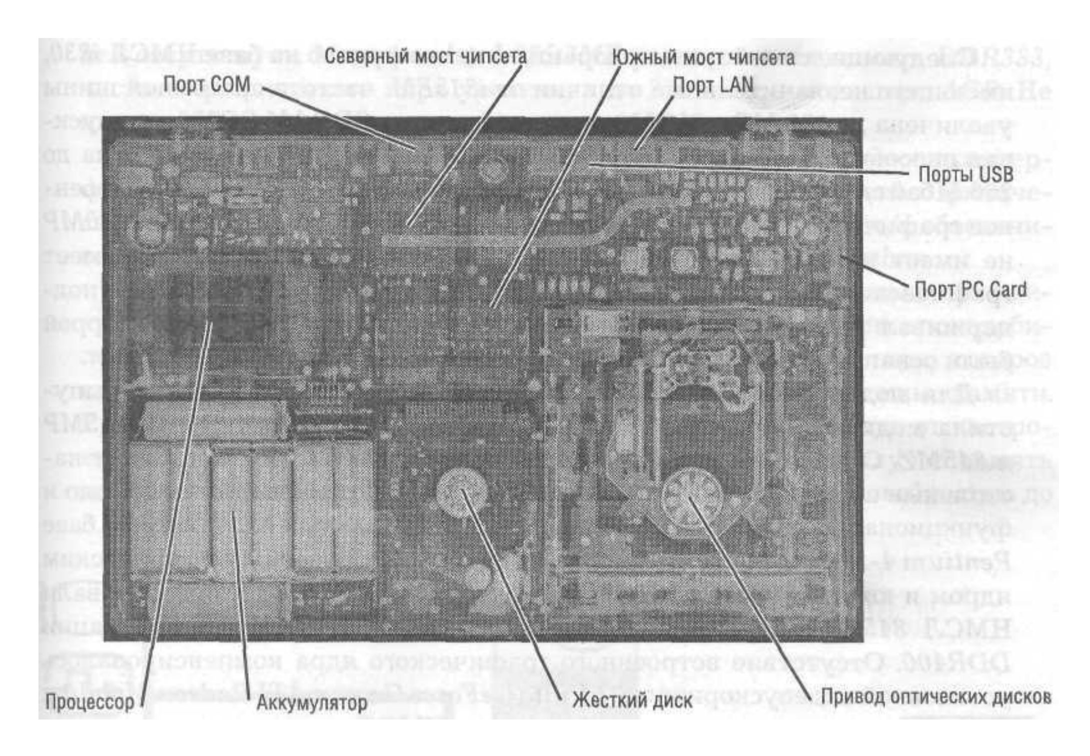
карт расширения и периферии, как настольный компьютер, поэтому он должен быть оснащен такими шинами, которые позволят взаимодействовать с внешними устройствами и чипами, расширяющими функциональность.

В качестве внутренней шины расширения обычно используется интерфейсы *PCI или miniPCI.* Миниатюрные слоты *miniPCI* позволяют разработчикам платформы легко расширять функциональность за счет добавления новых модулей, например беспроводной связи. В современных платформах универсальной шиной расширения становится *PCI Express lx.* Однако для пользователя весьма проблематично самостоятельно выполнить апгрейд ноутбука, поскольку для доступа к слоту *miniPCI* или *PCI Express* требуется разборка компьютера. Поэтому основным интерфейсом для карт расширения стала шина *PC Card,* имеющая наружный разъем.

Существует три типоразмера для карточек *PC Card,* различающихся толщиной: *Type I* (3,3 мм), *Type II* (5,5 мм) и *Type III* (10,5 мм). Ширина и глубина этих карточек одинакова: 85,6x54 мм. Сегодня формат *PC Card* используется при изготовлении внешних накопителей, модемов, контроллеров *Wi-Fi,* сетевых карт, TV-тюнеров и множества других периферийных устройств. Однако пропускная способность интерфейса (133 Мбайт/с) не удовлетворяет современным требованиям. В связи с этим разработан новый интерфейс *Express Card (ECard),* объединяющий достоинства *PCI Express* и *USB.* Пиковая пропускная способность последовательной шины *Express Card* достигает 2,5 Гбит/с. Карты спецификации *ECard-34 и ECard-54* (цифры указывают ширину карты в миллиметрах) имеют толщину 5мм и глубину 75 мм. Потребляемая мощность достигает 1,3 Вт и 2,1 Вт соответственно.

Естественно, платформа ноутбука должна поддерживать стандартные интерфейсы ввода-вывода: *LPT* и *COM,* несколько портов *USB* (сейчас — спецификации 2.0 с пиковой пропускной способностью 480 Мбит/с). Параллельный интерфейс *LPT* и последовательный *COM* считаются устаревшими и в новых платформах могут отсутствовать. В среднеформатных ноутбуках часто используют интерфейс *FireWire (IEEE1394)* с пиковой пропускной способностью 400 Мбит/с, удобный для подключения высокоскоростных устройств, а также бытовой видеотехники.

В качестве средств беспроводной связи используются современные интерфейсы *Wi-Fi (802.11* различных спецификаций) и *Bluetooth.* В частности, *Wi-Fi* является обязательным компонентом в платформах *Centrino* и *Sonoma* корпорации *Intel.* Другие производители платформ также широко используют *Wi-Fi* при комплектации ноутбуков средней и высокой ценовых категорий. Со временем следует ожидать внедрения в мобильные платформы интерфейса *Wi-Max (802.16),* обеспечивающего дальность действия вне помещений до 50 километров.



Мобильная платформа под рентгеном

Мультимедийные интерфейсы мобильной платформы представлены спецификациями *AC'97* (20-разрядный, 96 КГц) и более современным *High Definition Audio* (32-разрядный, 192 КГц). *HD Audio* разработан корпорацией *Intel* и пока поддерживается только платформами на базе ее новых чипсетов. Для полноценного использования возможностей мультимедийных интерфейсов требуется подключить к ноутбуку внешние акустические системы, поскольку качественные параметры встроенных динамиков не выдерживают никакой критики.

Наборы микросхем для процессоров Intel

НМСЛ *Intel 815EM* стал первой специальной разработкой для мобильной платформы. Комплект создан на базе широко известного и выдающегося для своего времени НМСЛ *Intel 440BX* для настольных компьютеров, поддерживает процессоры *Pentium III-M* с системной шиной 100 МГц. Графический ускоритель *Video Controller Hub* использует шину *AGP4X* и выполнен в виде отдельной микросхемы на системной плате. Северный мост имеет контроллер памяти *SDRAM* спецификации *PC100.* Южный мост *ICH2-M* оснащен интерфейсами *ATA-66,* четырьмя портами *USB 1.1,* контроллером *Ethernet 10/100,* имеет встроенный модем 56 Кбит/с. Платформа поддерживает мультимедийный интерфейс *AC'97.*

Следующее семейство корпорации *Intel* построено на базе НМСЛ *i830,* имеющего незначительные отличия от *i815EM:* частота системной шины увеличена до 133 МГц, поддерживается память *SDRAM PC133,* пропускная способность шины между северным и южным мостом увеличена до 266 Мбайт/с. Модификация *830M* оснащена портом *AGP,* имеет встроенное графическое ядро (частота *RAMDAC* 166 МГц). Модификация *830MP* не имеет встроенного графического ядра. Модификация *830MG* имеет графическое ядро, но не поддерживает порт *AGP. Intel 830* впервые поддерживал технологию снижения энергопотребления *SpeedStep,* которой были оснащены процессоры *Pentium III-M* на ядре *Tualatin.*

Для поддержки процессоров *Pentium 4-M* корпорация *Intel* выпустила модифицированные НМСЛ настольного семейства *845 — 845MP* и *845MZ.* Однако они не получили широкого применения, поскольку настольные варианты чипсета отличались лучшей производительностью и функциональностью. В итоге основным для мобильных платформ на базе *Pentium 4-M* стал настольный чипсет *845GV* со встроенным графическим ядром и южным мостом *ICH4.* Для ноутбуков класса *DTR* использовали НМСЛ *845PE,* поддерживающий память *DDR SDRAM* спецификации *DDR400.* Отсутствие встроенного графического ядра компенсировалось установкой видеоускорителей *nVidia GeForce Go* или *ATI Radeon Mobility.* В качестве альтернативы использовались НМСЛ для настольных систем производства компании *SiS: 645DX, 648FX, M650/651, 661FX.* По экономичности они не уступали чипсетам *Intel,* а по функциональности их превосходили. Так, НМСЛ *SiS 661FX* оснащен системной шиной 800 МГц, контроллером памяти *DDR400,* портом *AGP8X,* встроенным графическим ядром с частотой 200 МГц. Южный мост *SiS 694* имеет полный комплект типовых интерфейсов и дополнительно оснащена шиной *Serial ATA.*

Корпорация *Intel* попыталась уменьшить энергопотребление в НМСЛ семейства 852, которое включает чипсет с интегрированной графикой *852GME.* Графическое ядро *Intel Extreme Graphics 2* работает на частоте 133 МГц. Однако низкая производительность чипсета препятствовала его широкому распространению.

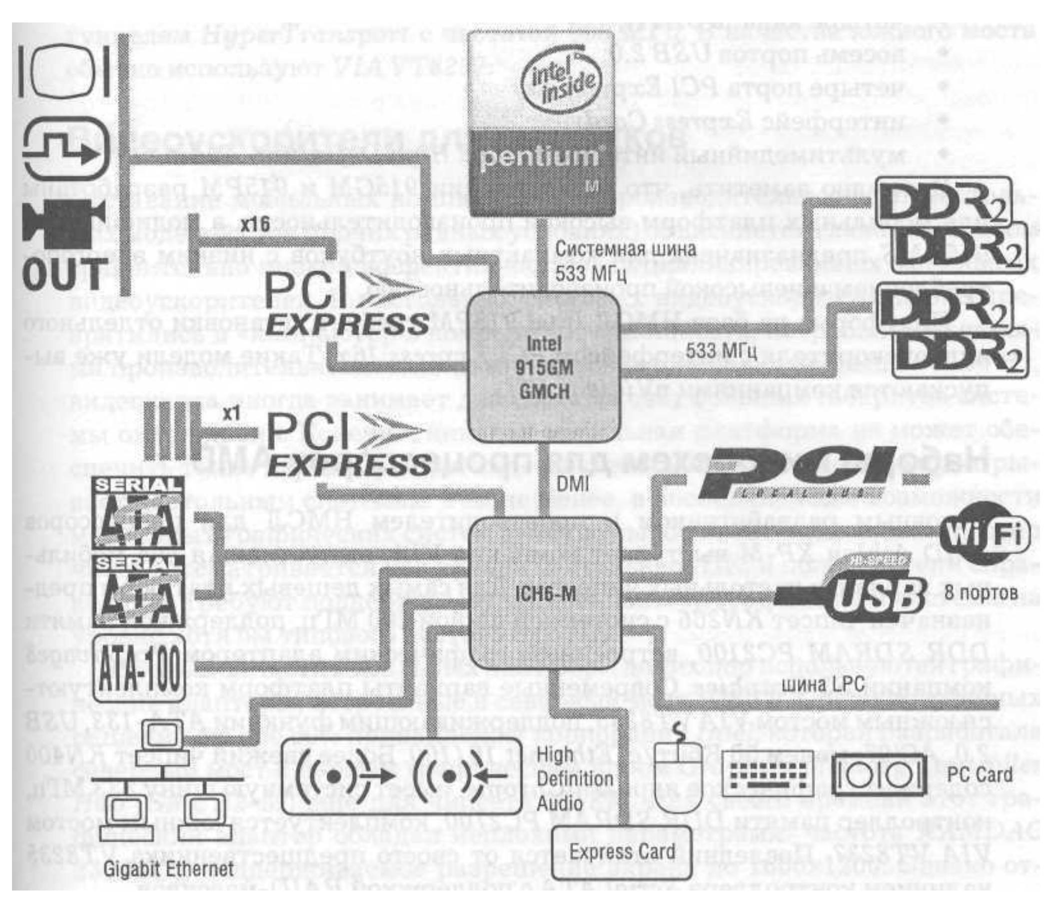
Для поддержки процессора *Pentium M* компания *Intel* выпускает НМСЛ семейства *855,* специально разработанных для мобильной платформы *Centrino: 855PM, 855GM, 855GME.* Архитектура чипсетов включает механизмы энергосбережения при работе с процессором *(Enchanced SpeedStep),* памятью, графическим контроллером и периферийными устройствами. Южный мост *ICH4-M* поддерживает стандартный комплект интерфейсов, в том числе шесть портов *USB 2.0.*

Все чипсеты семейства поддерживают системную шину с частотой 400 МГц, порт *AGP4X* и один канал памяти *DDR333.* Модификация *855GM* оснащена встроенным графическим ускорителем *Intel Extreme Graphics 2* (частота 200 МГц), имеет частоту системной шины 333 МГц, а порт *AGP* в

ней отсутствует. Модификация *855GME* поддерживает память *DDR333,* частота графического ядра увеличена до 250 МГц, имеет порт *AGP.* Не имеет графического ядра модификация *855PM.*

В семействе НМСЛ *Intel Mobile 915 Express* впервые реализован интерфейс *PCI Express* для мобильных платформ. Системная шина с физической частотой 133 МГц и пропускной способностью 4,2 Гбайт/с обеспечивает функционирование процессоров *Pentium M* на ядре *Dothan.*

Модификации *Mobile 915GM* и *915PM* оснащены двухканальным контроллером памяти *DDR2* с частотой до 533 МГц. Такое решение понадобилось для обеспечения работы встроенного графического ядра, которое съедает существенную долю пропускной способности шины памяти. Графическому ядру динамически выделяется, в зависимости от настроек *BIOS,* до 224 Мбайт памяти для видеоданных. В этом случае память должна работать в двухканальном режиме с пропускной способностью до 8,5 Мбайт/с.



Функциональная схема чипсета Intel Mobile 915GM

Напряжение питания *DDR2* составляет всего 1,8 В, что примерно на 30% меньше *DDR.* В результате модули *DDR2* потребляют меньше энергии и не так сильно нагреваются. Однако не следует забывать, что контроллеру памяти придется работать с двумя модулями, каждый из которых дороже модулей *DDR.* Модификация *915GMS* имеет одноканальный контроллер *DDR2-400* и частоту системной шины 400 МГц.

Графическим ядром *Graphics Media Accelerator 900 (GMA900)* комплектуются модификации *915GM* (частота ядра 320 МГц) и *915GMS* (частота ядра 160 МГц), ранее применявшееся в настольных чипсетах *Grantsdale. GMA900* стал первым встроенным видеоускорителем с поддержкой *DirectX 9* в категории мобильных платформ. Улучшение *3D*-производительности платформы можно считать самым существенным за последние годы.

Южный мост *ICH6-M* функционально аналогичен настольной версии *ICH6:*

- четыре канала *SATA;*
- восемь портов *USB 2.0;*
- четыре порта *PCI Express 1x;*
- интерфейс *Express Card;*
- мультимедийный интерфейс *Intel High Definition Audio.*

Нетрудно заметить, что модификации *915GM* и *915PM* разработаны для мобильных платформ высокой производительности, а модификация *915GMS* предназначена для компактных ноутбуков с низким энергопотреблением и невысокой производительностью.

Платформа на базе НМСЛ *Intel 915PM* требует установки отдельного видеоускорителя с интерфейсом *PCI Express 16x.* Такие модели уже выпускаются компаниями *nVidia* и *ATI.*

Наборы микросхем для процессоров AMD

Основным разработчиком и производителем НМСЛ для процессоров *AMD Athlon XP-M* выступает компания *VIA,* выпустившая два мобильных варианта настольных чипсетов. Для самых дешевых платформ предназначен чипсет *KN266 с* системной шиной 200 МГц, поддержкой памяти *DDR SDRAM PC2100,* встроенным графическим адаптером *ProSavage8* компании *S3 Graphics.* Современные варианты платформ комплектуются южным мостом *VIA VT8235,* поддерживающим функции *ATA-133, USB 2.0, AC'97,* модем 56 Кбит/с, *Ethernet 10/100.* Более свежий чипсет *KN400* содержит графическое ядро *UniChrome,* имеет системную шину 333 МГц, контроллер памяти *DDR SDRAM PC2700,* комплектуется южным мостом *VIA VT8237.* Последний отличается от своего предшественника *VT8235* наличием контроллера *Serial ATA* с поддержкой RAID-массивов.

Конкурентом *VIA* в сфере мобильных НМСЛ для процессоров *AMD* выступает компания *SiS,* выпустившая чипсет *SiS 746FX* (для настольных компьютеров) и специализированный мобильный чипсет *SiS M741. 746FX* не имеет встроенного графического ядра, но зато поддерживает системную шину 333 МГц и память *DDR SDRAM PC3200.*

У производителей мобильных платформ популярен НМСЛ *IGP 320M* компании *ATI.* Чипсет оснащен высокопроизводительным графическим ядром *Radeon 7000,* превосходящим любые другие встроенные графически адаптеры. Остальные параметры *IGP 320M* вполне стандартны: системная шина 266 МГц, контроллер памяти *DDR SDRAM PC2100,* южный мост с типовой функциональностью.

Для самых мощных мобильных процессоров *Mobile Athlon 64* пока не разработано специального чипсета, поэтому производители мобильных платформ обычно используют НМСЛ *K8T800* компании *VIA* для настольных компьютеров. Северный мост *VT8383* оснащен контроллером *AGP8X,* туннелем *HyperTransport* с частотой 800 МГц. В качестве южного моста обычно используют *VIA VT8237.*

Видеоускорители для ноутбуков

Отставание мобильных компьютеров в производительности от настольных моделей (при прочих равных условиях) объясняется главным образом сравнительно низкой эффективностью специализированных мобильных видеоускорителей. В настольных системах видеоускорители давно превратились в «компьютер в компьютере». Мощность, потребляемая самыми производительными моделями видеокарт, нередко превышает 100 Вт, видеокарта иногда занимает два слота за счет больших габаритов системы охлаждения. Конечно, никакая мобильная платформа не может обеспечить такие параметры для видеосистемы и потому заведомо проигрывает настольным системам. Тем не менее, в последние годы возможности мобильных графических систем заметно выросли. Мобильный компьютер часто рассматривается как замена настольного ПК, и пользователи справедливо требуют поддержки функциональности графической системы на уровне хотя бы типового настольного ПК.

В большей части мобильных платформ до сих пор используются графические адаптеры, встроенные в северный мост НМСЛ. Среди встроенных решений свыше 60% принадлежит корпорации *Intel,* которая разработала северный мост с первым графическим ядром *Graphics Memory Controller Hub (GMCH2-M)* еще для чипсета *815EM.* Для своего времени этот графический адаптер обладал неплохими параметрами: частота *RAMDAC* 230 МГц, поддерживаемое разрешение экрана до 1600x1200. Однако отсутствие аппаратной поддержки трансформаций и расчета освещения

резко снижало производительность *GMCH2-M* в трехмерных приложениях.

Чипсеты *830M* и *845G* комплектуются графическим ядром *Intel Extreme Graphics (IEG),* который получил новый интерфейс обмена с оперативной памятью, 256-битный блок закраски с возможностью одновременной обработки четырех текстур. В ядре *IEG* использована технология разбиения кадрового буфера на зоны и сортировки объектов отдельно по зонам, что заметно ускоряет закрашивание.

Дальнейшим развитием *IEG* стало графическое ядро *Intel Extreme Graphics 2,* которое интегрировано в северный мост чипсетов *855GM* и *855GME* (платформа *Centrino).* В графическом ядре удвоилось количество пиксельных конвейеров, шина памяти расширена до 128 бит, тактовая частота выросла до 320 МГц, *RAMDAC* с частотой 350 МГц поддерживает разрешение экрана до 2048x1536. В остальном архитектура *IEG-2* аналогично ядру *IEG.*

Графическим ядром *Graphics Media Accelerator 900 (GMA900)* комплектуются чипсеты *915GM* (частота ядра 320 МГц) и *915GMS* (частота ядра 160 МГц). Ядро *GMA900* имеет четыре пиксельных конвейера, поддерживающих шейдеры версии 2.0. За счет тайловой архитектуры буфера кадра экономично расходуется пропускная способность шины памяти. Но такой подход требует сложной архитектуры геометрического процессора, поэтому инженеры *Intel* поступили просто: они выкинули геометрический блок и возложили его функции на центральный процессор. Таким образом, *GMA900* вершинные шейдеры аппаратно не поддерживает, а лишь эмулирует их. В целом производительность *GMA900* в трехмерных приложениях вдвое выше, чем у предшественников, и примерно соответствует видеокарте *GeForce FX 5200* (самой младшей в семействе *GeForce FX).* Для задач офисного класса этого вполне достаточно.

Компания *SiS* в своих НМСЛ использует встроенное графическое ядро *Real256,* архитектура которого полностью аналогична графическому процессору *SiS 315.* Ядро *Real256* оснащено аппаратным блоком *T&L* с одним вершинным конвейером, двумя пиксельными конвейерами, *RAMDAC* с частотой 375 МГц. В целом *Real256* показывает несколько меньшую производительность, чем *Intel Extreme Graphics 2.*

По современным меркам возможностей встроенного графического ядра для мобильных компьютеров класса *DTR* недостаточно. Поэтому в таких моделях обычно используют отдельные графические адаптеры, подключаемые к шине *AGP* или *PCI Express x16.* Основными производителями мобильных версий графических контроллеров являются компании *ATI* и *nVidia.* Для мобильных платформ среднего класса предназначены графические адаптеры *ATI* семейств *Radeon 7500, Radeon 9000, Radeon 9200. Radeon 7500* относится к поколению *DirectX 7,* оснащен одним вершинным и двумя пиксельными конвейерами. *Radeon 9000* и *Radeon 9200* принадле-

жат поколению *DirectX 8.1,* способны работать с пиксельными шейдерами версии 1.4 и вершинными шейдерами версии 1.1. *Radeon 9000* оснащен одним вершинным и четырьмя пиксельными конвейерами, имеет частоту ядра 250 МГц, а частоту памяти — 220 МГц. *Radeon 9200* получил интерфейс *AGP8X* и второй вершинный конвейер. Частота памяти уменьшилась до 200 МГц.

К поколению *DirectX 9* относятся графические адаптеры *ATI* семейства *Mobility Radeon 9600* и *9700.* Архитектура *Radeon 9600* построена на ядре *RV350,* имеющем четыре пиксельных и два вершинных конвейера. При частотах ядра 300 МГц (9600) или 350 МГц (9600 Pro) удалось обеспечить энергопотребление на уровне *Radeon 9200* за счет снижения напряжения питания на один вольт. Графический адаптер *Radeon 9700* по архитектуре аналогичен *Radeon 9600,* но имеет частоту ядра 446 МГц.

Современный графический адаптер *ATI Mobility Radeon 9800* построен на ядре *R420,* аналогично настольному семейству *Radeon X800.* Ядро насчитывает восемь пиксельных и четыре вершинных конвейера при ширине шины памяти 128 бит. Энергопотребление ядра, насчитывающего более 100 млн. транзисторов, удалось снизить путем уменьшения рабочей частоты до 350 МГц. В целом *Mobility Radeon 9800* является лидером в производительности среди всех семейств на шине *AGP* компании *ATI* для мобильных платформ.

Интерфейс *PCI Express* впервые реализован в графическом адаптере *ATI Mobility Radeon X600,* архитектура которого аналогична настольной версии этого семейства. Частота ядра *RV380* составляет 400 МГц, памяти 500 МГц при ширине шины 128 бит. Ядро имеет четыре пиксельных и два вершинных конвейера, поддерживающих шейдеры *DirectX 9.*

Компания *nVidia* выпускает несколько семейств графических адаптеров для мобильных платформ, позиционируя их по степени производительности. К семействам начального уровня относятся графические адаптеры *GeForce 4 420/440/460 Go* и *GeForce4 4200 Go.* Семейство *GeForce 4 420/440/460 Go* поколения *DirectX7* построено на ядре *NV17M,* имеющем два пиксельных и один вершинный конвейер. Частота ядра до 250 МГц в старшей модели, частота памяти до 250 МГц при ширине шины 128 бит. Модель *GeForce4 4200 Go* относится к поколению *DirectX 8.1 и* построено на ядре *NV25M,* насчитывающем четыре пиксельных и два вершинных конвейера. Частота ядра и памяти — по 200 МГц.

К современному поколению *DirectX 9* относятся семейства *GeForce FX Go5100/5200* (ядро *NV34M), Go5600/5650* (ядро *NV31M), Go5700* (ядро *NV36M).* Последняя модель является самым производительным графическим адаптером среди мобильных решений *nVidia.* При частоте ядра 450 МГц и памяти 600 МГц видеоускоритель *GeForce FX Go5700* примерно соответствует современным моделям начального уровня для настольных компьютеров.

Накопители для ноутбуков

Жесткие диски для мобильных компьютеров отличаются от своих собратьев для настольных компьютеров меньшими размерами, массой и энергопотреблением. Как следствие, они уступают представителям настольных семейств по производительности и емкости. Конструкция жесткого диска — результат компромисса между требованиями мобильности и эффективности.

Размеры жестких дисков для мобильной платформы заданы форм-фактором. В ноутбуках класса *DTR* часто применяют жесткие диски форм-фактора 3,5 дюйма. Но в большинстве ноутбуков используют жесткие диски форм-фактора 2,5 дюйма (высота 9,5 мм, глубина 63,5 мм) как лучший вариант по массо-габаритным характеристикам. Для карманных ПК в основном применяют жесткие диски форм-фактора 1 дюйм, с интерфейсом *PC Card.*

Емкость жестких дисков для ноутбуков массовых серий обычно ограничена 80 Гбайт, хотя встречаются отдельные модели емкостью 100 и даже 120 Гбайт. Самые распространенные модели имеют емкость 40-60 Гбайт, что считается достаточным для задач, решаемых с помощью мобильных компьютеров. Однако позиционирование ноутбуков как мультимедийных устройств, в том числе для воспроизведения видео в различных форматах, включая *DVD,* ставит проблему увеличения емкости жестких дисков до уровня, характерного для настольных ПК (типовая емкость 120-160 Гбайт). Эту проблему трудно решать еще и потому, что в настольный компьютер достаточно просто установить два, три и даже четыре жестких диска, нарастив емкость системы накопителей до любого разумного уровня. Мобильная платформа поддерживает только один жесткий диск, а его замена (апгрейд) представляет собой очень дорогостоящую операцию.

Как известно, производительность жесткого диска в общем случае определяется скоростью вращения шпинделя и плотностью размещения данных на пластине. Основная масса жестких дисков для мобильной платформы имеет скорость вращения шпинделя 4200 или 5400 об/мин, но уже встречаются модели со скоростью вращения шпинделя 7200 об/мин. Плотность записи достигает 40 Гбайт на пластину. В сочетании с интерфейсом *ATA-100* это обеспечивает достаточную производительность дисковой системы компьютера. С переходом на интерфейс *Serial ATA* условия функционирования жестких дисков в мобильных компьютерах заметно улучшаются.

Оптические накопители для ноутбуков по конструкции практически не отличаются от обычных накопителей для настольных компьютеров. Однако механизм привода встраивается прямо в корпус ноутбука, что позволяет «раскидать» электронные компоненты с учетом компоновки платформы. Поэтому размеры самого привода минимальны и не мешают

монтажу даже в тонкие ноутбуки. Что касается функциональности, оптические приводы для ноутбуков поддерживают все современные форматы. Типичным приводом для среднеформатных моделей ноутбуков ныне считается *DVD/CD-RW,* а для моделей более высокой ценовой категории — *DVD±RW.* Скорость их работы примерно соответствует таковой у настольных моделей.

Карманные компьютеры

Карманный ПК в англоязычный литературе принято называть *Personal Digital Assistant (PDA)* — персональный цифровой помощник. Еще одно название этого семейства — «наладонники», поскольку КПК помещается в ладони взрослого человека.

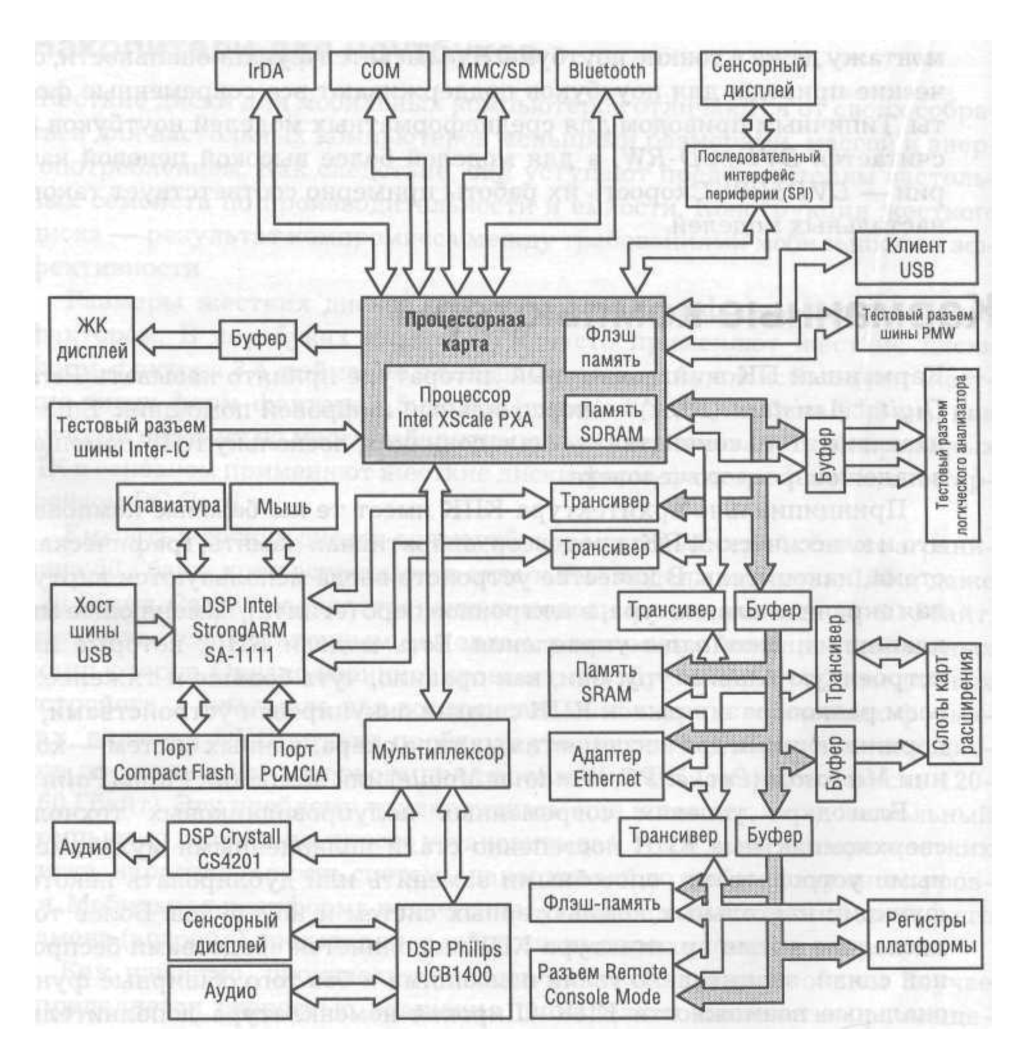
Принципиально архитектура КПК имеет те же базовые компоненты, что и классический ПК: процессор, оперативная память, графическая система, накопитель. В качестве устройств ввода используются виртуальная экранная клавиатура, электронное перо (стилус), заменяющее мышь, клавиши и джойпады управления. Есть модели КПК, которые имеют встроенную клавиатуру, они, как правило, чуть больше и тяжелее. При всем разнообразии рынок КПК сегодня оккупирован устройствами, поддерживающими два несовместимых типа операционных систем — компании *Microsoft (Pocket PC, Windows Mobile)* или компании *Palm (Palm OS).*

Благодаря успехам современных полупроводниковых технологий сверхкомпактные КПК постепенно стали полноценными мультимедийными устройствами, способными заменить или дублировать некоторые функции настольных компьютерных систем и ноутбуков. Более того, в последнее время архитектура КПК пополняется средствами беспроводной связи, значительно увеличивающими и без того обширные функциональные возможности КПК. Широкая номенклатура дополнительных устройств подключается к КПК благодаря наличию в архитектуре карманных компьютеров интегрированных контроллеров.

Платформа

Как правило, производители процессоров для КПК разрабатывают не только сам процессор, но и дополнительные компоненты, образующие платформу КПК. Например, специалисты корпорации *Intel* разработали на основе процессоров семейства *Intel XScale* платформу *Intel Development Platform for Intel Personal Internet Client Architecture.*

Платформа предназначена для создания многофункциональных систем широкого спектра использования. Многие схемотехнические решения платформы *Intel* нашли воплощение в архитектурах КПК, созданных сторонними производителями. Необходимо отметить, что разработкой и



Функциональная схема платформы Intel DPPXA
для карманных компьютеров

производством КПК на платформе *Intel* занимаются десятки фирм, среди которых немало известных брендов.

Основой архитектуры КПК является сравнительно мощный процессор, обеспечивающий высокую производительность всей системы аппаратно-программных средств. В тех же случаях, когда высокая производительность не требуется, возможна работа КПК в экономичном режиме: снижение тактовой частоты, напряжения питания процессора и потребляемого тока. Технология низкого энергопотребления существенно увеличивает время его работы от аккумулятора. Обычно установка данного

режима осуществляется самим пользователем в меню или автоматически встроенными средствами системы. Дальнейшее снижение энергопотребления достигается за счет уменьшения яркости экрана ЖК-дисплея, отключения неиспользуемых функциональных узлов и других мер.

Типовой КПК обеспечивает 6-12 часов работы от встроенных аккумуляторных батарей (при работе с офисными приложениями). Подзарядка возможна как через специальный крэдл, так и при непосредственном подключении КПК к внешнему малогабаритному блоку питания или настольному компьютеру по интерфейсу USB.

Память КПК обычно представлена двумя типами элементов: ОЗУ и ПЗУ. Объем ОЗУ типичного КПК составляет 64-128 Мбайт, ПЗУ — до 32 Мбайт. Чем больше объем встроенной памяти, тем шире возможности работы с приложениями различного класса.

В качестве сенсорного экрана обычно используется жидкокристаллический светоотражающий цветной дисплей с разрешением 240x320 или 480x640 точек. Стандартная глубина цвета — до 16 бит (отображение до 65536 цветов). Визуальные параметры экрана обеспечиваются яркой подсветкой. Сенсорные возможности поддерживают рукописный ввод.

Встроенные в архитектуру КПК интерфейсы *Bluetooth* и/или *Wi-Fi* обеспечивают беспроводное соединение с различными устройствами и передачу данных по радиоканалу. Постепенно уходит со сцены, но пока применяется в некоторых моделях интерфейс *IrDA* для связи по инфракрасному каналу.

Стандартными элементами расширения КПК служат карты флэш-памяти различного типа. Чаще всего применяют *Compact Flash, Secure Digital* и *Multimedia Card.*

Процессоры Intel XScale

В настоящее время в КПК верхнего и среднего ценовых сегментов применяют в основном процессоры корпорации *Intel* семейства *XScale.* В основе процессора лежит 32-битное *RISC-ядро Intel XScale,* обеспечивающее суперскалярное выполнение команд. Схемотехника ядра основана на микроархитектуре *Advanced RISC Mashines (ARM).* Система команд процессоров *Intel XScale* обеспечивает преемственность программного обеспечения, разработанного под предшествующие модели процессоров этого семейства.

Совместно с ядром *Intel XScale* в состав процессора интегрированы следующие компоненты:

- контроллер памяти;
- контроллер тактовой частоты и мощности процессора;
- контроллер *LCD;*
- клиентская часть *USB*-контроллера;

- мультимедийный интерфейс *AC97;*
- интерфейс *MultiMediaCard;*
- инфракрасный интерфейс *FIR Communication;*
- последовательный интерфейс *Synchronous Serial Port;*
- контроллер портов ввода-вывода;
- коммутатор ввода-вывода *UART;*
- стандартный последовательный *UART*-интерфейс к приемопередающему модулю *Bluetooth;*
- генератор тактовых импульсов *Real Time Clock;*
- таймер операционный системы;
- контролер прерываний.

Контроллер памяти поддерживает несколько типов микросхем памяти: до четырех банков памяти *SDRAM,* до шести статических чипов памяти *SRAM, SSRAM, Flash, ROM, SROM* и чипы-компаньоны, до двух слотов *PCMCIA* или *CompactFlash.*

Контроллер ЖК-дисплея способен работать с пассивными или активными панелями. Обеспечивает поддержку до 4 бит градаций серого или до 16 бит глубины цвета. Возможно подключение дисплеев с разрешением до 1024x1024 точек.

Разные режимы эксплуатации обеспечивают масштабирование системы, созданной на основе *Intel XScale,* по производительности и энергопотреблению.

Младший процессор семейства *Intel XScale — PXA250 —* стал важным этапом развития систем высокой интеграции и послужил прообразом последующих поколений процессоров для КПК.

Следующей моделью процессоров *Intel XScale* стал *Intel PXA255.* В его архитектуре применена внутренняя шина более высокой пропускной способности, что обеспечило большую производительность процессора, а следовательно, и всей системы.

В дальнейшем были выпущены модели линейки *Intel PXA26x.* Основное преимущество этой серии в наличии интегрированной в состав процессора флэш-памяти: *PXA261* — 16 Мбайт, *PXA262* — 32 Мбайт. Кроме того, увеличено число встроенных контроллеров и уменьшены размеры корпуса процессора.

Следующее поколение процессоров микроархитектуры *Intel XScale* образует семейство *Intel PXA27x* (ядро *Bulverde).* В архитектуру процессора интегрирована технология *Intel Wireless MMX,* повышающая производительность трехмерных игр и обеспечивающая улучшенное воспроизведение видео. В процессоре также применяется технология *Intel Wireless SpeedStep,* позволяющая значительно экономить энергию за счет интеллектуального управления напряжением и тактовой частотой, аналогичная технологии в процессорах Intel для мобильных ПК. В плат-



Карманный компьютер Casio IT-10 на базе процессора Intel XScale PXA 210

форме *Intel XScale* используются встроенные средства безопасности *Intel Wireless Trusted Platform,* обеспечивающие защищенное хранение частной информации и криптографических ключей, поддержку стандартных протоколовбезопасности.

Процессоры семейства *Intel PXA27x* поставляются в различных конфигурациях с тактовыми частотами от 312 до 624 МГц, с интегрированной флэш-памятью *Intel StrataFlash* объемом до 64 Мбайт.

Основой системного программного обеспечения КПК являются операционные системы *Palm OS* и *Microsoft Pocket PC* или *Windows Mobile*. Обычно в составе ОС предусмотрено специальное меню быстрого запуска приложений *(SpeedMenu)*. Это позволяет быстро открывать документы, программы КПК и папки, с которыми ведется регулярная работа.

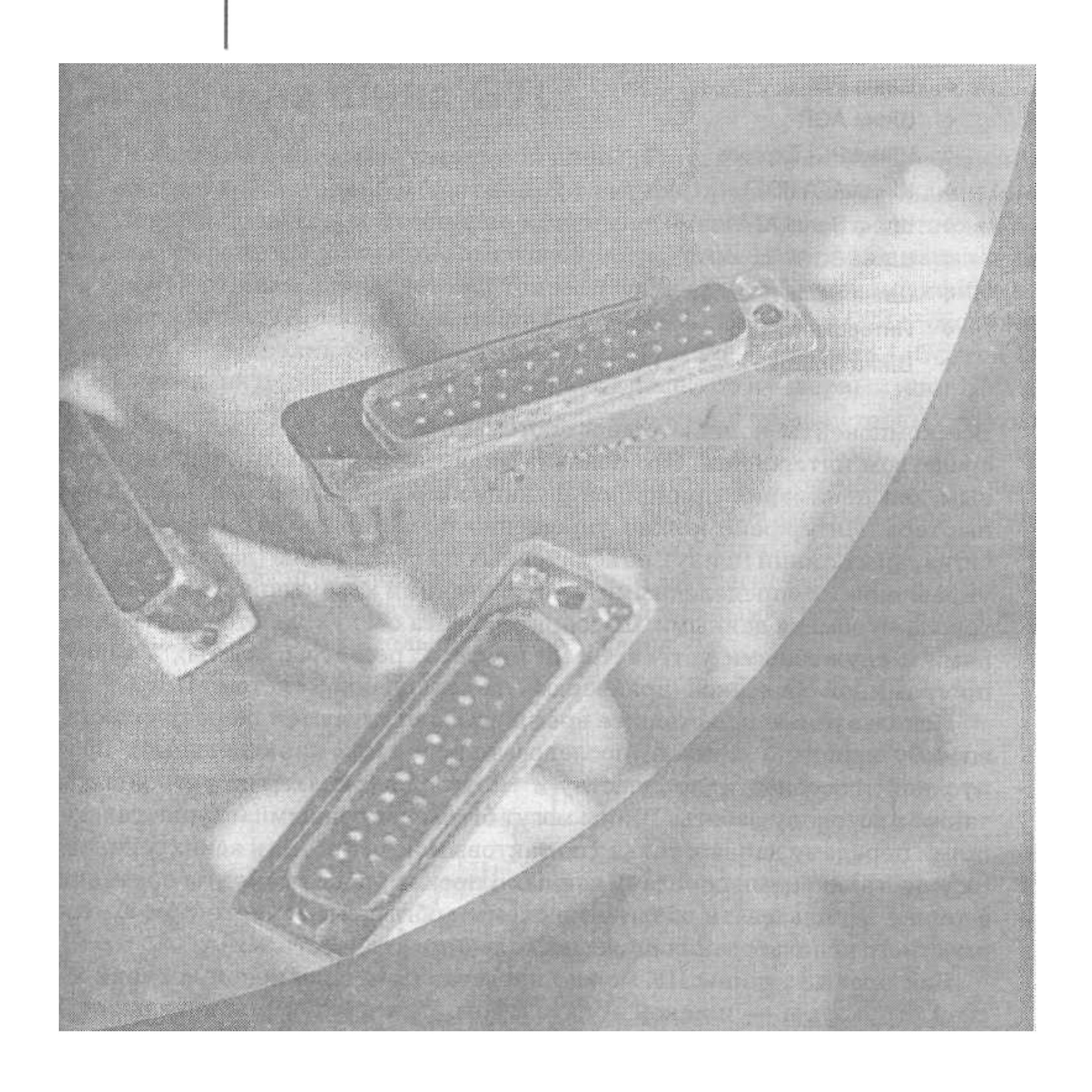
Средства расширения

Имеющиеся в составе платформы КПК интерфейсы позволяют увеличивать объем памяти ПЗУ и расширять функциональные возможности устройства за счет подключения дополнительных модулей. Скажем, через интерфейс *CompactFlash* можно подключить жесткий диск формата *MicroDrive* емкость 1 Гбайт и выше. Можно также использовать сетевые карты, карты флэш-памяти *Secure Digital, Multimedia Card, CompactFlash* тип II, порт *PCMCIA,* модуль *GPS,* модем, видеокамеру, модуль ТВ-тюнера и многие другие устройства.

Подключаемый к компьютеру модуль *GPRS* превращает КПК в мощный персональный коммуникатор, добавляя функциональность мобильного телефона. Посредством этого модуля осуществляется подключение к сети Интернет по стандартным каналам операторов сотовой связи.

К сети Интернет можно подключаться через *Wireless LAN,* а также через мобильный сотовый телефон стандарта *GSM,* используя интерфейс *Bluetooth* телефона или других устройств, обеспечивающих выход во внешние сети через подключенные к ним модемы. При необходимости информационную связь реализуют с помощью традиционных инфракрасных портов *IrDA.*

ИНТЕРФЕЙСЫ



Внутренние интерфейсы

- Системная шина GTL
- Шина HyperTransport
- Шина чипсета
- Шина ISA/EISA
- Шина PCI
- Шина AGP
- Шина PCI Express
- Шина ATA (IDE)
- Шина Serial ATA
- Шина SCSI
- Шина Serial Attached SCSI
- Интерфейс ACPI
- Шина SMBus

Все компоненты компьютерной системы соединяются между собой посредством интерфейса. Это понятие является основополагающим, базовым для понимания принципов функционирования персонального компьютера. Интерфейс можно упрощенно представить как совокупность сигнальных линий (шину), объединенных по назначению (данные, адреса, управление), с определенными электрическими характеристиками и протоколами обмена данными. Шина интерфейса обслуживается контроллерами и служебными устройствами (буфера, регистры, мосты), а также программной оболочкой (драйверами и операционной системой).

Используемые в настоящее время шины отличаются по разрядности, способу передачи сигнала (последовательные или параллельные), пропускной способности, количеству и типу поддерживаемых устройств, а также протоколу работы. Шины могут быть синхронными (осуществляющими передачу данных только по тактовым импульсам) и асинхронными (осуществляющими передачу данных в произвольные моменты времени), а также использовать различные схемы арбитража (то есть способа совместного использования шины несколькими устройствами).

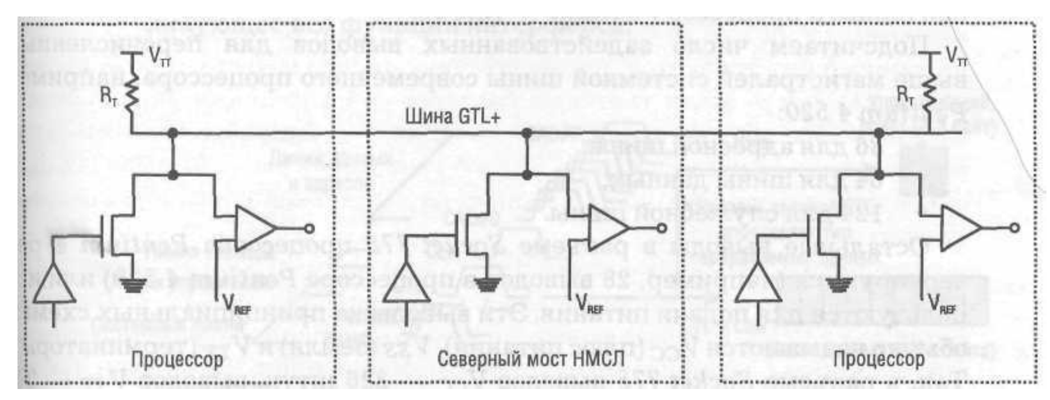
Как правило, шины ПК можно представить в виде некой иерархической структуры — шинной архитектуры. Важнейший принцип шинной архитектуры компьютеров класса *IBM PC* — открытость, то есть доступ-

ность спецификаций для всех производителей. Принцип открытой архитектуры обусловил широкое распространение *IBM PC,* удобство сборки и модернизации компьютеров, универсальность, огромный выбор компонентов и сравнительно низкие цены на комплектующие.

К внутренним традиционно относят интерфейсы, предназначенные для подключения компонентов, находящихся внутри системного блока компьютера. Среди внутренних интерфейсов можно выделить системные шины, которые обеспечивают работу базовых компонентов платформы и не рассчитаны на подключение каких-либо дополнительных устройств. Например, к системным относятся шины *GTL, HyperTransport, SMBus, V-Link, DMI* и подобные им специализированные интерфейсы.

Системная шина GTL

Появление и развитие системной шины *(Front Side Bus, FSB)* неразрывно связано с историей развития архитектуры процессоров компании *Intel.* Первые процессоры вообще не имели системной шины, представляя собой «голое» арифметико-логическое устройство. Нынешняя параллельная системная шина *Gunning Transceiver Logic (GTL)* и ее модификации *Asynchronic Gunning Transceiver Logic (AGTL), AGTL+* и *GTL+* обслуживает 32-разрядные процессоры архитектуры *P6 — Pentium 4 (Celeron* D). Системная шина связывает собственно процессор и северный мост НМСЛ. Шина представлена линиями, подключенными к транзисторам с открытым стоком и терминированные нагрузочными резисторами. Такая топология обеспечивает работу на высоких частотах при хорошей устойчивости к помехам. На выводы шины *GTL+* поступает опорное напряжение *(GTLREF),* которое используется абонентами шины, чтобы определить, является ли сигнал логическим нулем или логической единицей. Входные схемы приемников являются дифференциальными, то есть сигнал воспринимается относительно опорного уровня.



Электрическая схема шины GTL+

В целом системная шина объединяет несколько магистралей: данных, адреса, служебную, питания, в конечном итоге подключенные к разъему процессора. Разрядность шины данных в значительной мере определяет производительность процессора. Это параллельная шина, то есть каждый разряд данных передается по отдельной линии. Чем выше разрядность шины, тем больше линий. Шина данных в процессоре *i286* была 16-разрядной, в нынешнем процессоре *Pentium 4* используется 64-разрядная шина, хотя исполнительные устройства ядра остаются при этом 32-разрядными. В итоге число выводов современного процессора для подключения шины данных увеличилось вчетверо по сравнению с *i286*.

Вторая группа сигналов, используемых процессором, — адресная. Адреса описывают номера ячеек памяти, в которых хранятся данные. Чем выше разрядность адресной шины, тем большее число ячеек памяти можно использовать для хранения данных, тем больше адресуемая память вычислительной системы. Шина адреса в процессоре *i286* была 24-разрядной, что позволяло адресовать 16 Мбайт физической памяти. *i386, i486* и *Pentium* имели адресную шину шириной 32 бит и адресовали 4 гигабайта физической памяти. Шина адреса также является параллельной, то есть увеличение ее разрядности влечет увеличение числа адресных выводов процессора. Так, в процессоре *Pentium 4* адресная шина 36-разрядная, что позволило расширить адресуемую память до 64 Гигабайт.

Третья группа сигналов, необходимая процессору для работы, относится к служебным. С их помощью чипсет и процессор обмениваются командами и запросами, по служебной шине осуществляется тактирование и синхронизация процессора, управление напряжением питания. Число сигналов управления и, соответственно, количество выводов разъема, необходимое для обмена служебными сигналами, зависит от архитектуры процессора и чипсета, количества поддерживаемых команд и инструкций. С усложнением архитектуры число служебных линий и сигналов управления увеличивается. Так, процессор *i286* имел 18 выводов служебной шины, а процессор *Pentium* — уже 83.

Подсчитаем число задействованных выводов для перечисленных выше магистралей системной шины современного процессора, например *Pentium 4 520:*

- 36 для адресной шины;
- 64 для шины данных;
- 124 для служебной шины.

Остальные выводы в разъеме *Socket* 775 процессора *Pentium 4* резервируются (например, 28 выводов в процессоре *Pentium 4* 520) или используются для подачи питания. Эти выводы на принципиальных схемах обычно называются *Vcc* (плюс питания), *Vss* (земля) и *V*тт (терминаторы). Так, в разъеме *Socket 775* выводов *Vcc* — 226 штук, выводов *V*TT— 24, выводов *Vss* — 273.

С расширением разрядности ядра процессоров до 64 бит, с внедрением двухъядерных архитектур и повышением рабочих частот будет расти число выводов процессора и магистралей системной шины. Преодоление этой тенденции возможно только с переходом на последовательные интерфейсы.

Шина HyperTransport

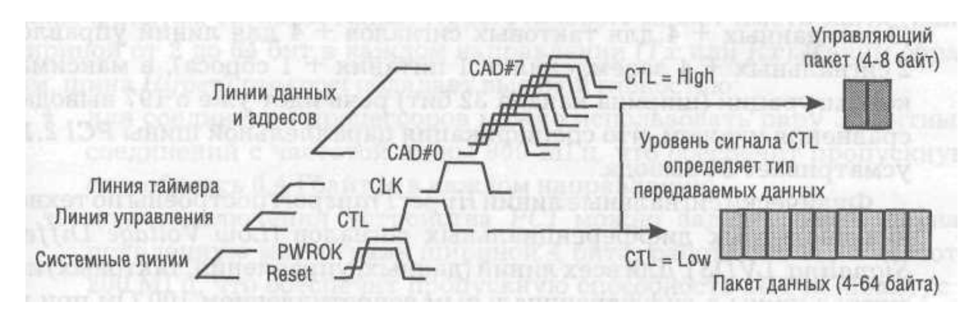
Высокоскоростной последовательный интерфейс *HyperTransport* предназначен для использования в качестве внутренней шины персонального компьютера, в том числе для соединения процессоров с прочими компонентами, то есть в качестве системной шины.

Архитектура шины *HyperTransport* предусматривает различные уровни организации интерфейса:

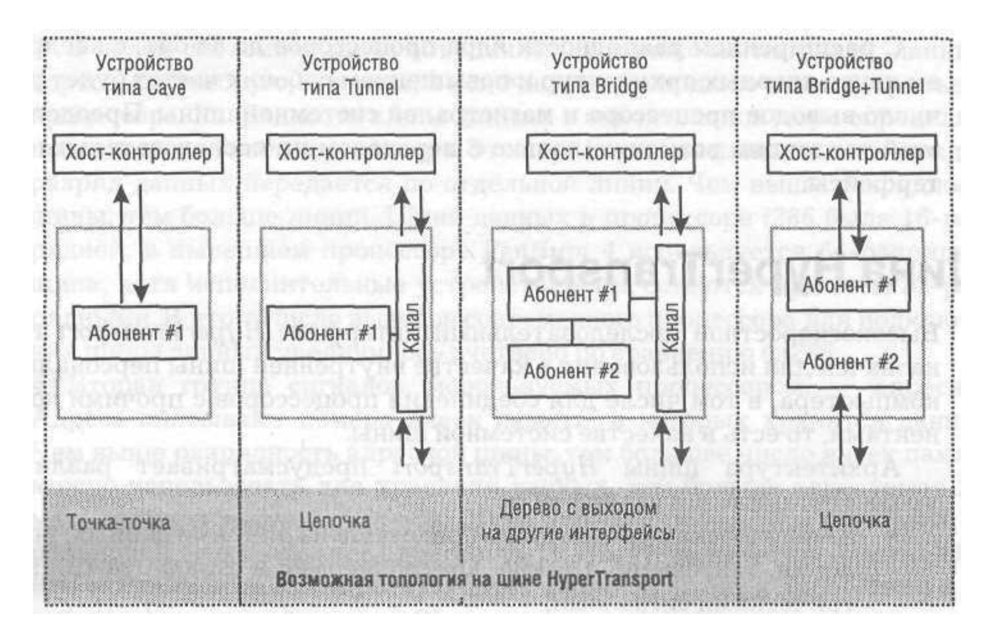
- на физическом уровне шина представлена линиями данных, управления, тактовыми, а также контроллерами и стандартными электрическими сигналами;
- на уровне передачи данных определяется порядок инициализации и конфигурирования устройств, установления и прекращения сеанса связи, циклического контроля адекватности данных, выделения пакетов для передачи данных;
- на уровне протокола определены команды для выделения виртуальных каналов связи, правила управления потоком данных;
- на уровне транзакций команды протокола конкретизированы в управляющие сигналы, например чтения или записи;
- на уровне сессии определены правила управления энергопотреблением и прочие команды общего характера.

Физические устройства в рамках интерфейса *HyperTransport* подразделяются на несколько типов:

- *Host* («контроллер шины») — основное устройство, полностью реализующее все функции интерфейса;



Принципиальная схема шины HyperTransport

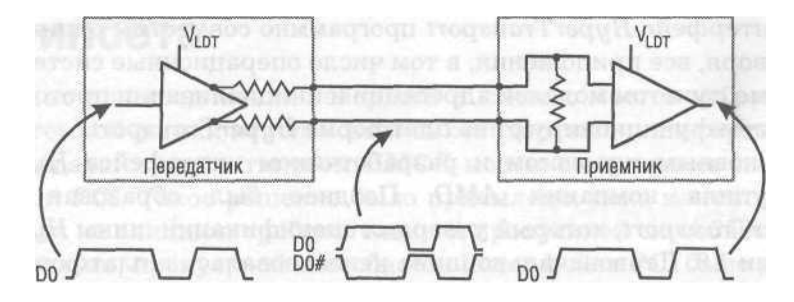


Типы устройств и топология шины HyperTransport

- *Cave* («ячейка») — оконечное устройство на двунаправленном канале связи;
- *Tunnel* («тоннель») — устройство на двунаправленном канале связи, установленное «на проходе» (но не мост);
- *Bridge* («мост») — устройство на двунаправленном канале связи, один из абонентов которого считается главным и связывает устройство с контроллером шины (Host), а другие соединяют с прочими устройствами.

Таким образом, топологию совокупности устройств на шине *HyperTransport* можно построить в виде цепочки или дерева. Спецификации шины предусматривают ее масштабируемость в зависимости от решаемых задач. В минимальной конфигурации (ширина канала 2 бит, на каждый бит требуется две физические линии) потребуется 24 вывода (8 для данных + 4 для тактовых сигналов + 4 для линий управления + 2 сигнальных + 4 заземления + 1 питания + 1 сброса), в максимальной конфигурации (ширина канала 32 бит) речь идет уже о 197 выводах. Для сравнения укажем, что спецификация параллельной шины *PCI 2.1* предусматривает 84 вывода.

Физически сигнальные линии *HyperTransport* построены по технологии низковольтных дифференциальных сигналов *(Low Voltage Differential Signaling, LVDS).* Для всех линий (данных, управления, тактовых) используются шины с дифференциальным сопротивлением 100 Ом при уровне сигнала 1,2 В. Благодаря этому длина шины может достигать 24 дюйма



Электрический интерфейс шины HyperTransport

(около 61 см) при полосе пропускания на одной физической линии до 800 Мбит/с.

Следует заметить, что спецификация *HyperTransport* предусматривает разделение «восходящих» *(Upstream)* и «нисходящих» *(Downstream)* потоков данных. Такой подход обеспечивает возможность существенного увеличения тактовых частот по сравнению с существующими архитектурами, поскольку каждый сигнал *LVDS* функционирует в пределах своей физической линии. Кроме того, пакет, объединяющий адреса, команды и данные, всегда кратен 32 бит. Тем самым обеспечивается его безошибочная передача по масштабируемым каналам шириной от 2 до 32 бит. Это позволяет применять единую технологию *HyperTransport* для соединения потребителей ресурсов шины различной производительности: процессор, оперативнаяпамять,видеоконтроллер,низкоскоростныеустройстваввода-вывода — используя в каждом случае лишь необходимое число линий.

Устройства, поддерживающие протокол *HyperTransport* (процессоры, наборы системной логики, контроллеры) соединены по принципу «точка-точка» *(peer-to-peer)*. Поэтому теоретически можно соединять между собой любые компоненты системы без применения каких-либо коммутаторов или мостов. Каждый канал состоит из линии «передачи» *(Tx)* и линии «получения» *(Rx)*, работающих асинхронно. Передача данных организована в виде пакетов длиной до 64 байт (значение должно быть кратно четырем). Протокол *HyperTransport* предполагает передачу данных по обоим фронтам сигнала. Канал *HyperTransport* может иметь магистраль шириной от 2 до 64 бит в каждом направлении *(Tx* или *Rx)*. Таким образом, шина *HyperTransport* обладает высокой гибкостью:

- для соединения процессоров можно использовать пару 32-битных соединений с частотой('шины 800 МГц, что обеспечит пропускную способность 6,4 Гбайт/с в-каждом направлении;
- для подключения устройства *PCI* можно задействовать двунаправленную магистраль шириной 4 бита, работающую на частоте 200 МГц, что обеспечит пропускную способность по 100 Мбайт/с в каждом направлении.

Интерфейс *HyperTransport* программно совместим с шиной *PCI,* иначе говоря, все приложения, в том числе операционные системы, разработанные с учетом моделей адресации и инициализации протокола *PCI,* без проблем функционируют на платформе *HyperTransport.*

Основным идеологом и разработчиком интерфейса *HyperTransport* выступила компания *AMD.* Позднее был образован консорциум *HyperTransport,* который утвердил спецификации шины *HyperTransport* версии 1.0. Первоначально шина использовалась в платформах для процессоров *AMD Athlon* и *VIA C3* в качестве магистрали соединения северного и южного мостов наборов микросхем системной логики. С появлением процессоров *AMD Athlon 64/FX* и *AMD Opteron* шина *HyperTransport* стала системной в платформах для этих процессоров.

Таблица 8. Параметры шины HyperTransport

Ширина шины (в каждом направлении)	2	4	8	16	32
Количество контактов для данных	8	16	32	64	128
Количество контактов для задания тактовой частоты	4	4	4	8	16
Контрольные контакты	4	4	4	4	4
Общее количество контактов для передачи данных	16	24	40	76	148
VLDT (питание)	2	2	3	6	10
GND (заземление)	4	6	10	19	37
PWROK (power OK)	1	1	1	1	1
RESET_L (reset)	1	1	1	1	1
Общее количество контактов	24	34	55	103	197
Пиковая пропускная способность соединения (в обе стороны) при тактовой частоте в 800 МГц	0,8	1,6	3,2	6,4	12,8

Развитие архитектуры многоядерных процессоров поддержано утверждением спецификации *HyperTransport 2.0,* рассчитанной на возросшие тактовые частоты и возможность сопряжения (*mapping)* с хост-адаптерами для шины *PCI Express.* Согласно спецификациям, шина *HyperTransport 2.0* может работать на тактовой частоте до 1,4 ГГц.

Передача информации осуществляется на обоих фронтах тактового сигнала, то есть эффективная частота шины вдвое больше физической. Максимальная пропускная способность в обоих направлениях достигает 22,4 Гбайт/с, что с лихвой покрывает потребности многопроцессорных двухъядерньгх систем. По электрическим спецификациям шина *HyperTransport 2.0* обратно совместима с первой версией.

Шина чипсета

Изначально для соединения северного и южного мостов набора микросхем системной логики использовались стандартные шины архитектуры ПК. До недавних пор в типовом НМСЛ мосты соединялись параллельной шиной *PCI.* Такое решение было приемлемо, пока клиенты южного моста были не слишком требовательны к пропускной способности шины. Действительно, пропускной способности интерфейса *PCI* было достаточно для обслуживания устройств ввода-вывода на портах *COM, LPT, IrDA, PS/2, MIDI,* накопителей *IDE/ATAPI* спецификации *ATA-66/100* и карт расширения с шинами *ISA* или *PCI.* Однако с ростом производительности клиентов, подключенных к южному мосту, с появлением высокоскоростных интерфейсов ввода-вывода, возможности шины *PCI* перестали удовлетворять современным требованиям.

Среди требовательных к ресурсам клиентов южного моста отметим следующие:

- интерфейс *Serial ATA* (150 Мбайт/с на канал) или *Serial ATA2* (300 Мбайт/с на канал);
- интерфейс *PCI Express* (200 Мбайт/с на канал);
- шина *PCI* (133 Мбайт/с);
- интерфейс *IDE* (до 133 Мбайт/с);
- шина *Gigabit Ethernet* (около 128 Мбайт/с);
- интерфейс *USB 2.0* (около 60 Мбайт/с);
- интерфейс *FireWire* (около 50 Мбайт/с).

Теоретически можно предположить одновременное обращение к ресурсам процессора и памяти (то есть к северному мосту) пары *RAID-яа*копителей, устройства *PCI Express* и клиента локальной сети, что дает пиковый трафик около 1 Гбайт/с. Таким образом, мостовая шина должна обеспечить не меньшую пропускную способность.

Исходя из этих требований, ведущие разработчики чипсетов применяют самые скоростные шины для связи мостов НМСЛ:

- компания *Intel* в современных НМСЛ использует вариант последовательной шины *PCI Express* под названием *Digital Media Interface* с пропускной способностью до 2048 Мбайт/с;
- компания *nVidia* использует последовательную шину *HyperTransport* в интегрированных НМСЛ для платформы *AMD Athlon 64,* ту же шину используют компании *ATI* и *ULi* в своих дискретных чипсетах (пропускная способность до 2048 Мбайт/с);
- компания *SiS* предпочитает использовать шину *MuTIOL* с пропускной способностью 1066 Мбайт/с;
- компания *VIA* до сих пор применяет параллельную шину *V-Link* с пропускной способностью 533 Мбайт/с.

Таким образом, возможности межмостовой шины в различных вариантах различаются примерно в четыре раза. Очевидно, что при построении современной платформы следует ориентироваться на перспективные решения, то есть последовательные шины *DMI* или *HyperTransport.*

Шина ISA/EISA

Архитектура *ISA (Industry Standard Architecture)* — архитектура промышленного стандарта, другое название *AT~Bus.* Шина *ISA* с разрядностью данных 8 бит (разрядность адреса 20 бит) впервые появилась на платформе PC XT. На платформе *PC AT* разрядность шины данных расширили до 16 бит (разрядность адреса 24 бита). На современных платформах этот интерфейс либо отсутствует, либо представлен внутренними шинами, обеспечивающими совместимость с устаревшими компонентами. Разъем шины состоит из двух частей: 62-контактного (*ISA-8)* и примыкающего к нему 36-контактного сегментов *(ISA-16).* Шина обеспечивает устройствам возможность отображения регистров в пространстве памяти и адресов ввода-вывода. В распоряжение устройств на шине *ISA* выделяется до 11 линий запросов прерываний (в варианте *ISA-16)* и до шести каналов прямого доступа к памяти. Пиковая пропускная способность шины не превышает 5,55 Мбайт/с.

Спецификации *ISA* предусматривают выделение каждому устройству на шине своих системных ресурсов: области адресов в пространстве памяти, в регистрах ввода-вывода, линий запроса прерываний, каналов прямого доступа к памяти. При этом автоматический арбитраж не предусмотрен, то есть устройства не должны конфликтовать по ресурсам. Задача арбитража возлагается на пользователя, а ее выполнение усложняется отсутствием механизма передачи параметров устройств системному и прикладному программному обеспечению. Конфигурирование устройств *ISA* производится перемычками (джамперами). На шине все сигналы со всех слотов соединяются параллельно, а никакого буфера для хранения информации о конфигурации не предусмотрено.

В 1994 г. была разработана спецификация *ISA Plug and Play version 1.0a,* которая решила самые важные проблемы конфигурирования устройств на шине *ISA.* Процедура конфигурирования имеет несколько этапов:

- происходит блокировка всех устройств, кроме текущего;
- текущему устройству назначается идентификатор Card *Select Number;*

Слот шины ISA (16-бит) для карт расширения

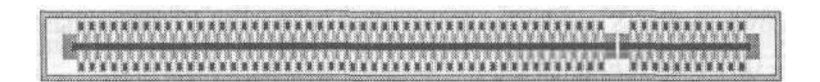
- в буфер *BIOS* записываются данные о поддерживаемых текущим устройством ресурсах;
- активным становится следующее устройство, а остальные блокируются, процедура повторяется для всех устройств;
- по завершении опроса всех устройств происходит арбитраж ресурсов;
- каждое устройство конфигурируется в соответствии с выделенными ресурсами и становится активным.

Описанная технология поддерживается *PnP BIOS* системной платы и выполняется в период процедуры *POST.* Параметры конфигурации для всех типов устройств (не только шины *ISA)* в формате *ESCD (Extended System Configuration Data* — расширенные данные системной конфигурации) хранятся в энергонезависимой памяти. Если *BIOS* не поддерживает спецификацию *PnP ISA,* конфигурирование возлагается на операционную систему.

EISA (Enhanced ISA) — расширенная шина *ISA.* Является расширением интерфейса *ISA.* В разъемы можно вставлять как платы для шины *ISA,* так и для *EISA.* Платы *EISA* имеют более высокую ножевую часть разъема с дополнительными рядами контактов, а слот имеет расположенный в глубине такой же ряд дополнительных контактов. Пиковая пропускная способность — 32 Мбайт/с. Поддерживает режим управления шиной со стороны любого из устройств, установленных в разъем (технология *Bus Mastering).* На современных системных платах не встречается.

Шина PCI

«Зачатие» интерфейса происходило весной 1991 г. в недрах корпорации *Intel.* Перспективные процессоры *80486* и *Pentium* требовали новой организации взаимодействия с периферийными компонентами. Инженеры *Intel* решили начать с нуля и в результате разработали шину *PCI (Peripheral Component Interconnect) local bus* — шину соединения периферийных компонентов, напрямую не связанную с системной. Так удалось обеспечить независимость интерфейса от конкретного типа процессора. Новый интерфейс оказался не совместимым ни с одним из предшествующих и потребовал разработки соответствующего набора системных микросхем. С целью обеспечить поддержку сторонних производителей *Intel* сделала архитектуру и спецификации *PCI* открытыми, поэтому вскоре образовалась группа заинтересованных организаций *(PCI Special InterestGroup),* создавшая и утвердившая все спецификации. В настоящее время действует спецификация *PCI 2.2* (утверждена в декабре 1998 г.). Шина *PCI* является синхронной — регистрация сигналов выполняется по положительному фронту тактовых импульсов.



Слот шины PCI для карт расширения

Популярность *PCI* объясняется рядом преимуществ, предоставляемых интерфейсом по сравнению с его предшественниками. Во-первых, поддерживается синхронный обмен данными формата 32 или 64 бита. При этом используется метод мультиплексирования (передача адресов и данных по очереди по одним линиям), что позволило снизить число контактов в разъемах. Во-вторых, предусмотрена установка компонентов с уровнями сигналов 5 В или 3,3 В. Механические ключи (пластмассовые перемычки) на разъемах исключают установку плат в «чужой» слот. Возможно изготовление универсальных плат, поддерживающих оба уровня сигналов (что сейчас и делает большинство производителей). Сочетание частот шины 33 МГц или 66 МГц с разрядностью данных предоставляет широкий диапазон пропускных способностей шины. Заметим, что при 66 МГц допустим уровень сигнала только 3,3 В (а 33 МГц устройства могут выйти из строя на более высокой частоте).

Спецификация *PCI* требует поддержки режима *Multiple Bus Mastering* (многостороннее управление шиной). В таком режиме устройства перехватывают управление шиной и самостоятельно распределяют ее ресурсы. Специальный таймер, имеющийся на устройстве, определяет максимальное время, в течение которого возможен монопольный доступ. Кроме того, предусмотрено автоматическое конфигурирование компонентов при включении питания.

По шине *PCI* возможна передача комбинированных данных (до восьми типов), например звуковых, видео, цифровых. Один канал контроллера *PCI* поддерживает до четырех слотов расширения. Для удвоения их числа применяется мост между парой контроллеров.

Метод передачи данных по шине называют *Linear Burst* (метод линейных пакетов). То есть данные при записи-чтении идут единым пакетом, так как адрес для каждого следующего байта автоматически увеличивается на единицу. Таким образом, отпадает необходимость передавать адресный блок. Для ускорения передачи применяется кэширование (поддерживаются методы отложенной *«write-back»* и сквозной *«write-through»* записи).

Важной особенностью интерфейса *PCI* является поддержка протокола *Plug-and-Play (PnP)*. Спецификацией определены три типа ресурсов: диапазон памяти, диапазон ввода-вывода и так называемое «пространство конфигурации». Последний ресурс включает три региона: заголовок (не зависит от конкретного типа устройства), блок устройства, пользовательский блок. Заголовок содержит информацию об изготовителе, клас-

се устройства (контроллер жесткого диска, адаптер *SCSI* и пр.), другие служебные сведения. Содержание блока устройства зависит от конкретного его типа. Конфигурация устройства производится либо через *BIOS* (если в нем присутствует эта функция), либо программно через драйвер. Поле *CIS (Card Information Structure* — информационная структура платы) используется для идентификации устройств с интерфейсом *PCMCIA.* Еще одно поле определяет прерывание и время монопольного владения шиной.

Шина *PCI* соединяется с системной шиной процессора через северный мост. Остальные шины расширения и ввода-вывода, а также контроллер *LPC, к* которому подключены микросхемы системной платы *(ROM BIOS,* контроллеры прерываний, клавиатуры, *DMA,* портов *COM* и *LPT,* НГМД и прочие), подключаются к шине *PCI* через южный мост. В системных платах с хабовой архитектурой шину *PCI* отодвинули на периферию, сняв с нее транзитный трафик между чипсетами.

С устройствами *PCI* процессор взаимодействует посредством команд обращения к памяти и портам ввода-вывода в областях, выделенных каждому такому устройству при конфигурировании. Устройства могут вырабатывать запросы маскируемых и немаскируемых прерываний. Устройство на шине может выступать в роли инициатора, поддерживая обмен с памятью, не занимая ресурсов центрального процессора. Спецификация *PCI* требует от устройств способности перемещать все занимаемые ресурсы в пределах доступного пространства адресации. Это позволяет обеспечивать бесконфликтное распределение ресурсов для многих устройств. Устройство *PCI* может быть многофункциональным, то есть поддерживать несколько (от 1 до 8) встроенных функций, каждой из которых отводится свое конфигурационное пространство.

Собственно шина *PCI* представляет набор сигнальных линий, соединяющих различные устройства (слоты расширения, микросхемы на системной плате). В системе может присутствовать несколько шин *PCI,* соединенных мостами *PCI-PCI Bridge.* Мосты электрически отделяют интерфейсные сигналы одной шины от другой, соединяя их логически. Головной мост *(Host Bridge)* соединяет шину с ядром системы (процессором и памятью). Каждая шина имеет свой номер *(PCI bus number).* Шины нумеруются последовательно; главная шина имеет нулевой номер.

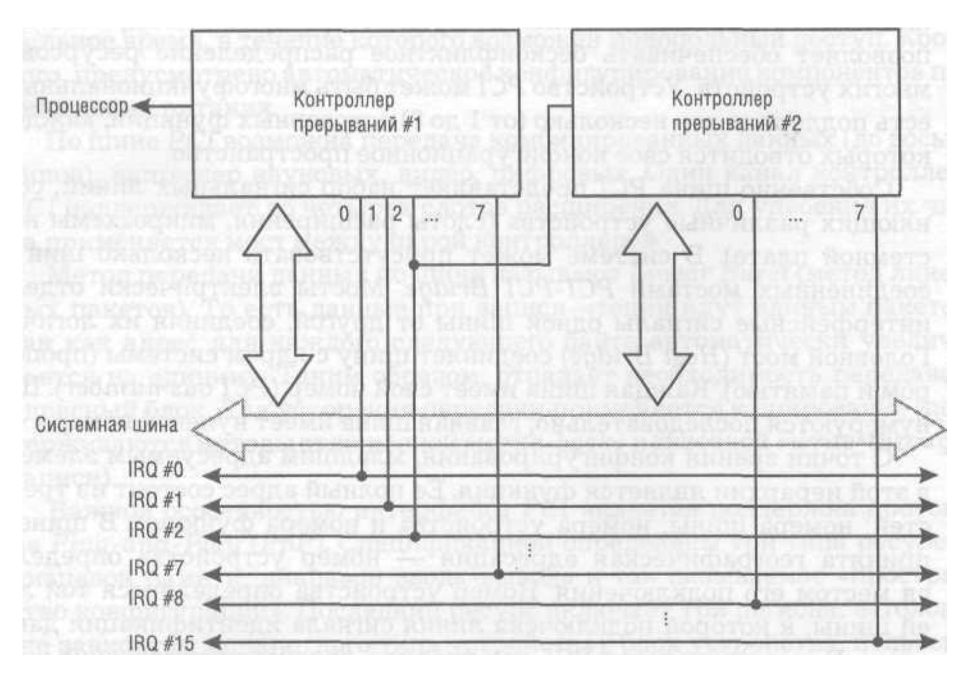
С точки зрения конфигурирования, младшим адресуемым элементом в этой иерархии является функция. Ее полный адрес состоит из трех частей: номера шины, номера устройства и номера функции. В шине *PCI* принята географическая адресация — номер устройства определяется местом его подключения. Номер устройства определяется той линией шины, к которой подключена линия сигнала идентификации данного слота. В соседних слотах *PCI,* как правило, задействуют соседние номера устройств. Их нумерация определяется разработчиком системной платы.

Группы соседних слотов могут подключаться к разным шинам, при этом на каждой шине *PCI* нумерация устройств независимая. Устройства *PCI,* интегрированные в системную плату, используют ту же систему адресации. Их номера неизменяемы, в то время как адреса карт расширения можно изменять перестановкой их в разные слоты.

Технология Bus Mastering

В каждой транзакции по шине *PCI* участвуют два устройства — инициатор обмена, он же ведущее *(Master)* устройство, и целевое устройство, оно же ведомое *(Slave).* В каждый момент времени шиной может управлять только одно ведущее устройство, получившее на это право от арбитра. Для максимального использования возможностей шины устройства должны иметь буфера для пакетных транзакций. Ведущее устройство генерирует сигнал для запроса на управление шиной и получает сигнал, подтверждающий предоставление управления шиной. Арбитражем запросов на использование шины занимается специальный узел, входящий в чипсет системной платы. Схема приоритетов (фиксированный, циклический, комбинированный) определяется программированием арбитра.

Прерывания от устройств *PCI* обслуживаются контроллерами *8259A,* расположенными на системной плате. Устройство *PCI* вводит сигнал прерывания низкого уровня на выбранную линию *INT* Л#, *INT* B#, *INT* C#



Упраоление прерываниями на шине PCI

или *INT D#*. Этот сигнал удерживается до тех пор, пока программный драйвер, вызванный по прерыванию, не сбросит запрос прерывания, обратившись по шине к данному устройству. Каждая функция устройства *PCI* может задействовать свою линию запроса прерывания в монопольном или совместном режимах. Если устройству требуется одна линия запроса, оно занимает линию *INT A#,* если две — *INT A#* плюс *INT* B#, и так далее. С учетом циклического сдвига линий запроса это правило позволяет установить в четыре соседних слота четыре простых (однофункциональных) устройства, каждое из которых задействует отдельную линию запроса прерывания. Коммутатор организует объединение нескольких линий запросов *PCI* на один вход контроллера. Драйвер, работающий с устройством *PCI,* определяет вектор прерывания, доставшийся устройству (функции), считывая конфигурационный регистр. Обычным решением проблемы совместного использования прерываний служит перестановка карты расширения в подходящий слот.

На шине *PCI* имеется механизм оповещения об асинхронных событиях, основанный на передаче сообщений *(PCI Message-Based Interrupts).* Для сигнализации запроса прерывания устройство запрашивает управление шиной и, получив его, выполняет запись номера прерывания по заранее оговоренному адресу. Этот механизм может использоваться на системных платах, имеющих контроллер прерываний *APIC.* Запись номера запроса производится в соответствующий регистр *APIC.* Степень интеллектуальности ведущего устройства может быть различной. В простейшем варианте ведущее устройство обеспечивает пересылку блоков данных между устройством и системной памятью (или памятью других устройств) по указанию процессора. Более сложный контроллер *DMA* может выполнять обмен по собственной программе.

Шина *PCI* имеет несколько конструктивных вариантов исполнения, оговоренных в соответствующих спецификациях.

Low-Profile PCI — низкопрофильный вариант карт расширения *PCI* с измененным способом крепления. Такие карты можно устанавливать в низкопрофильные корпуса. Типовой слот *PCI* поддерживает напряжение питания интерфейсных схем только 3,3 В (но шина питания устройств 5 В сохраняется).

Small PCI (SPCI) — спецификация на карты расширения и слоты в миниатюрном исполнении. Шина логически совместима с обычной шиной *PCI.* В дополнение к обычному набору сигналов появился сигнал, с помощью которого хост и устройства могут управлять частотой синхронизации в целях снижения энергопотребления. Для подключения карт *SPCI* на системной плате устанавливается двухрядный 108-контактный штырьковый разъем с шагом контактов 2 мм. Карта расширения может подключаться к нему непосредственно или через шлейф. Карты *SPCI* могут иметь напряжение питания 5В, 3,3В или двойное 5/3,3В. Благодаря

уменьшению длины проводников понижены требования к мощности сигналов.

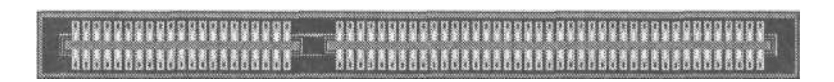
Mini PCI Specification — малогабаритный вариант карт *PCI.* По логическим и электрическим сигналам соответствует спецификации *PCI.* Дополнительно используется сигнал для снижения энергопотребления. Имеется набор дополнительных сигналов для обмена аудио и видеоданными.

Шина AGP

Фирма *Intel,* заметив, что дальнейшее повышение общей производительности персонального компьютера «упирается» в видеоподсистему, в свое время предложила выделить для передачи потока видеоданных отдельную интерфейсную шину *AGP (Accelerated Graphics Port* — ускоренный графический порт). Этот стандарт быстро вытеснил существовавшие ранее интерфейсы, использовавшиеся видеокартами: *ISA, VLB* и *PCI.* Главным преимуществом шины *AGP* стала высокая пропускная способность. Если шина *ISA* позволяла передавать до 5,5 Мбайт/с, *VLB* — до 130 Мбайт/с, а *PCI* — до 133 Мбайт/с, то шина *AGP* теоретически имеет пиковую пропускную способность до 1066 Мбайт/с (в режиме передачи четырех 32-разрядных слов).

Компания *Intel* разрабатывала интерфейс *AGP* для решения двух основных проблем, связанных с особенностями обработки 3D-графики на персональном компьютере. Во-первых, 3D-графика требует выделять как можно больше памяти для хранения данных текстур и Z-буфера. Чем больше текстурных карт доступно для 3D-приложений, тем лучше выглядит картинка на экране монитора. Обычно для Z-буфера используют ту же память, что и для текстур. Разработчики видеоконтроллеров и раньше имели возможность использовать обычную оперативную память для хранения информации о текстурах и Z-буфере, но серьезным ограничением здесь выступала пропускная способность шины *PCI.* Ширина полосы пропускания *PCI* оказалась мала для обработки графики в режиме реального времени. Эту проблему компания *Intel* решила путем внедрения стандарта шины *AGP.*

Во-вторых, интерфейс *AGP* обеспечивает прямое соединение между графической подсистемой и оперативной памятью. Таким образом, выполняются требования вывода 3D-графики в режиме реального време-



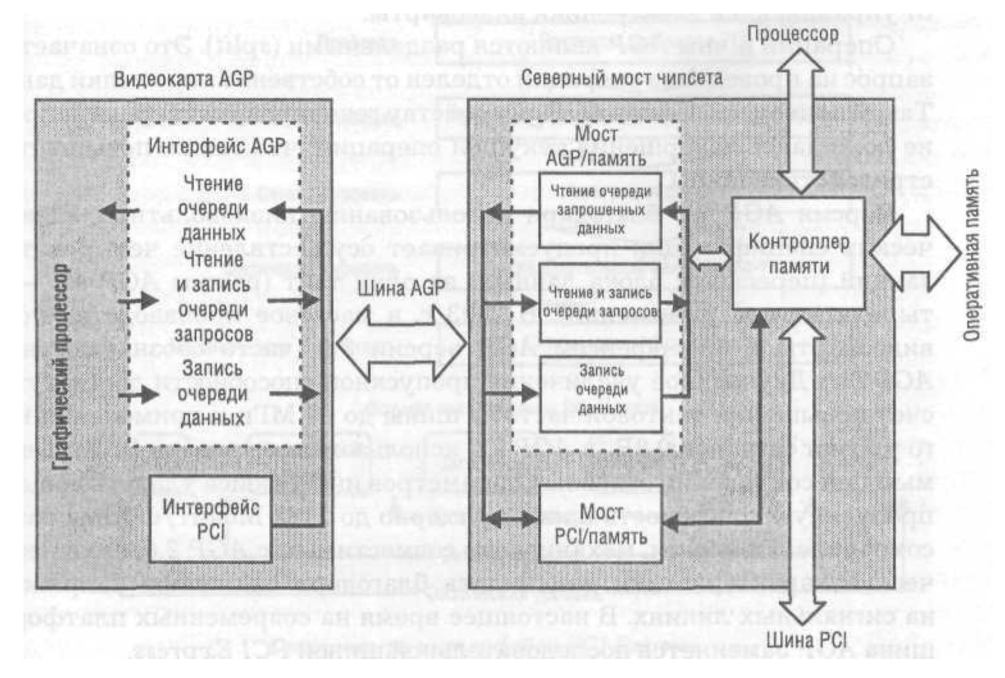
Слот шины AGP для видеокарт

ни и, кроме того, более эффективно используется память буфера кадра *(frame buffer),* тем самым увеличивается скорость обработки *2D*-графики. В действительности шина *AGP* соединяет графическую подсистему с блоком управления системной памятью, разделяя доступ с центральным процессором компьютера. Через *AGP* возможно подключение единственного типа устройств — графических плат. При этом видеоконтроллеры, встроенные в материнскую плату и использующие интерфейс *AGP,* не подлежат модернизации.

Для контроллера *AGP* конкретный физический адрес, по которому информация хранится в оперативной памяти, не имеет значения. Это является ключевым решением новой технологии, обеспечивая доступ к графическим данным как к единому блоку, независимо от физической «разбросанности» информации по блокам памяти. Кроме того, *AGP* работает с частотой системной шины до 133 МГц.

Спецификация *AGP* фактически базируется на стандарте *PCI* версии *2.1,* но отличается от него следующими основными особенностями:

- шина способна передавать два *(AGP 2x),* четыре *(AGP 4x)* или восемь *(AGP 8x)* блоков данных за один цикл;
- устранена мультиплексированность линий адреса и данных;
- конвейеризация операций чтения/записи позволяет устранить влияние задержек в модулях памяти на скорость выполнения операций.



Принцип работы шины AGP

Шина *AGP* работает в двух основных режимах: *DIME (Direct Memory Execute)* и *DMA (Direct Memory Access).* В режиме *DMA* основной памятью считается память на карте. Текстуры могут храниться в системной памяти, но перед использованием копируются в локальную память видеокарты. Таким образом, интерфейс *AGP* действует в качестве «подносчика патронов» (текстур) к «огневой позиции» (в локальную память). Обмен ведется большими последовательными пакетами данных.

В режиме *Execute* локальная и системная память для видеокарты логически равноправны. Текстуры не копируются в локальную память, а выбираются непосредственно из системной. Таким образом, приходится передавать сравнительно небольшие случайно расположенные куски. Поскольку системная память требуется и другим устройствам, она выделяется динамически, блоками по 4 Кбайт. Поэтому для обеспечения приемлемого быстродействия предусмотрен специальный механизм, отображающий последовательные адреса на реальные адреса блоков в системной памяти. Эта задача выполняется с использованием специальной таблицы *(Graphic Address Re-mapping Table* или *GART),* расположенной в памяти.

Адреса, не попавшие в диапазон *GART (GART range),* не изменяются и непосредственно отображаются на системную память или область памяти устройства *(device specific range).* Точная спецификация на правила функционирования *GART* не определена, и конкретное решение зависит от управляющей электроники видеокарты.

Операции шины *AGP* являются раздельными *(split).* Это означает, что запрос на проведение операции отделен от собственно пересылки данных. Такой подход позволяет AGP-устройству генерировать очередь запросов, не дожидаясь завершения текущей операции, что также повышает быстродействие шины.

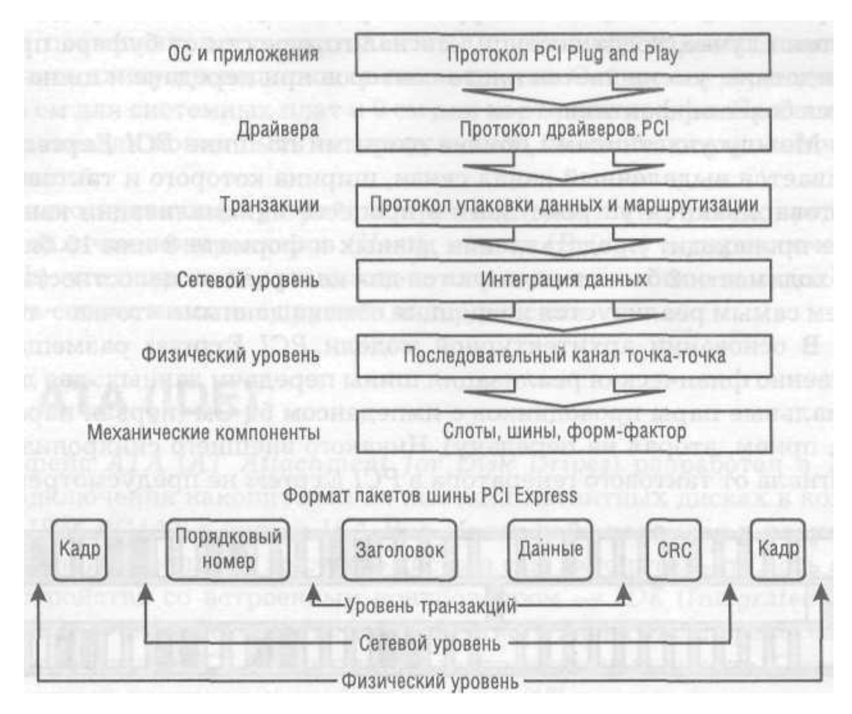
Версия *AGP 2.0* благодаря использованию низковольтных электрических спецификаций предусматривает осуществление четырех транзакций (пересылок блока данных) за один такт (режим *AGP 4x* — четырехкратного умножения). В 2003 г. в массовое производство пошли видеокарты с интерфейсом *AGP* версии *3.0* (часто обозначаются как *AGP 8x).* Двукратное увеличение пропускной способности достигнуто за счет повышения тактовой частоты шины до 66 МГц и применения нового уровня сигналов 0,8В (в *AGP 2.0* использовался уровень 1,5В). Тем самым при сохранении основных параметров интерфейса удалось повысить пропускную способность шины примерно до 2132 Мбайт/с. Хотя разъем сохранился прежним, механически совместимым с *AGP 2.0,* его электрические характеристики изменились благодаря снижению напряжения на сигнальных линиях. В настоящее время на современных платформах шина *AGP* заменяется последовательной шиной *PCI Express.*

Шина PCI Express

Корпорация *Intel* взяла на себя роль неформального лидера в организации *PCI-SIG (Special Group for Interesting PCI Interface)* в период создания архитектуры интерфейса ввода-вывода третьего поколения *(Third Generation Input/Output Interconnection, 3GIO),* известного также под названием *Arapahoe.* В 2001 г. было утверждено название *PCI Express,* а в 2003 г. появилась официальная спецификация версии 1.0.

Причина появления последовательной шины расширения довольно проста: необходимо равномерно наращивать производительность всех компонентов компьютеров, однако не все существующие интерфейсы масштабируются одинаково эффективно. Для параллельных шин основной проблемой является невозможность радикального повышения рабочих частот. Последовательную шину гораздо проще запустить на повышенных тактовых частотах, что значительно поднимает производительность. Более того, масштабируемость последовательных шин относительно легко достигается как за счет повышения частоты работы, так и увеличением числа линий.

Спецификация *PCI Express* предусматривает схему организации, аналогичную универсальной сетевой архитектуре *ISO/SOI.* На самом



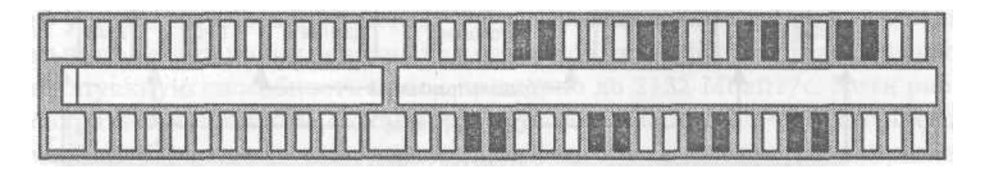
Структура интерфейса PCI Express

верхнем уровне располагаются прикладные программы, использующие PCI-устройство. Для них в архитектуре ничего не меняется: при обмене данными через шину *PCI Express* приложения просто обращаются к операционной системе. На уровне драйверов и конфигурирования архитектура *PCI Express* полностью совместима с интерфейсом *PCI* и потому является прозрачной для любой операционной системы, поддерживающей *PCI*. Тем самым обеспечена поддержка спецификаций *ACPI* и *Plug-and-Play* без какой-либо доработки общих программных компонентов.

Однако на других уровнях архитектуры произошли кардинальные изменения. Прежде всего, добавлено два новых уровня (*Transaction Layer* и *Link Layer),* функции которых аналогичны сетевым протоколам *TCP/IP*. На уровне *Transaction Layer* происходит первоначальная упаковка данных, передача их конкретному получателю и контроль доставки сообщения. На уровне *Link Layer* указывается физический адрес назначения пакета. Получив адрес, контроллеры шины принимают решение о направлении пакета в конкретную физическую линию. На этом же уровне располагается код обнаружения и исправления ошибок в принятом пакете *(CRC),* номер пакета, позволяющий отличить один пакет от другого, и прочие атрибуты. Маршрутизация пакетов (принятие решений о том, на какую шину перенаправить пакет, какой из нескольких пакетов передать первым) осуществляется на уровне транзакций. Пакет передается только в том случае, когда поступил сигнал готовности от буфера приема. Как следствие, уменьшается число повторов при передаче и шина используется более эффективно.

Между участниками обмена данными по шине *PCI Express* устанавливается выделенный канал связи, ширина которого и тактовая частота обговариваются устройствами в процессе инициализации канала. Здесь же происходит представление данных в формате 8 или 10 бит. При необходимости 2 бита используются для контроля за целостностью данных. Тем самым реализуется концепция обмена данными «точка — точка».

В основании архитектурной модели *PCI Express* размещается собственно физическая реализация шины передачи данных: две дифференциальные пары проводников с импедансом 50 Ом (первая пара работает на прием, вторая на передачу). Никакого внешнего синхронизирующего сигнала от тактового генератора в *PCI Express* не предусмотрено. В каче-



Слот шины PCI Express X4. Черным цветом выделены контакты линий данных

стве рабочих напряжений выбраны уровни от 0,2 В до 0,4 В для логического нуля и от 0,4 В до 0,8 В для логической единицы.

Интерфейс *PCI Express* позволяет объединять в шину несколько независимых линий передачи данных. Стандартом предусмотрено использование 1, 2, 4, 8, 16 и 32 линий. Передаваемые данные поровну распределяются между ними по схеме «первый байт на первую линию, второй байт на вторую линию,... *n+1* -й байт снова на первую» и так далее. Так достигается гибкая масштабируемость *PCI Express,* позволяющая организовывать шины с максимальной пропускной способностью до 6,4 Гбайт/с в одном направлении.

Шина *PCI Express* поддерживает питание устройств достаточно большой мощности: на слот *x 1* подается до 10 Вт, на слот *x4* — до 25 Вт, а на слот *x16* — до 75 Вт. Спецификацией предусмотрена установка на системную плату второго разъема питания. Суммарно две линии питания обеспечат функционирование устройств мощностью до 140 Вт. Соответственно стандартный 20-контактный разъем питания *ATX 2.01* увеличился на четыре контакта (добавились линии +12 В, +5 В, земля и +3,3 В).

Номинальной рабочей частотой шины *PCI Express* сейчас является 2,5 ГГц. При этом пиковая пропускная способность (на один канал передачи данных) достигает 200 Мбайт/с, что составляет 100 Мбайт/с на контакт. Электрические параметры (пониженное затухание в линиях передачи и повышенная чувствительность приемников данных) позволяют увеличить длину проводников шины на платах. Сейчас она ограничивается 30,5 см для системных плат и 9 см для карт расширения. Причем топология разводки может быть четырехслойной, без особых технологических требований.

Помимо оконечных устройств архитектурой интерфейса предусмотрено наличие контроллеров *(Host),* мостов *(Bridge)* и переключателей *(Switch),* что позволяет организовать сложную топологию каналов и обеспечить совместимость с другими интерфейсами.

Шина ATA (IDE)

Интерфейс *ATA (AT Attachment for Disk Drives)* разработан в 1986 г. для подключения накопителей на жестких магнитных дисках в компьютерах *IBM PC/AT* с шиной *ISA-Bus.* Интерфейс появился в результате установки контроллера жесткого диска в сам накопитель, то есть создания устройства со встроенным контроллером — *IDE (Integrated Device Electronic).* Фактически контроллер жесткого диска был перенесен с материнской платы *PC/AT* на плату электроники накопителя. Поскольку стандартный контроллер жестких дисков *AT* позволял подключать до двух накопителей, эту возможность включили и в новый интерфейс. Оба

накопителя подключили к одной интерфейсной шине, а для обеспечения программной совместимости бит выбора накопителя в регистре номера головки и номера устройства стали использовать для выбора устройства (фактически, для выбора контроллера). Для организации взаимодействия пары устройств на шине ввели несколько дополнительных сигналов.

Поскольку набор сигналов получился достаточно универсальным, он позволяет подключать любое устройство со встроенным контроллером, которому в пространстве портов ввода/вывода достаточно того же набора регистров и которое способно поддержать принятый режим выбора устройства. Принятая система команд и регистров, являющаяся частью спецификации *ATA,* ориентирована на блочный обмен данными с устройствами прямого доступа. Для иных устройств существует спецификация *ATAPI,* основанная на тех же аппаратных средствах.

В системе адресации данных интерфейса *ATA* изначально указывается адрес цилиндра *(Cylinder),* головки *(Head)* и сектора *(Sector) — CHS.* Позже стали различать физическую (реальную для накопителя) и логическую (по которой с устройством общается программа) адресацию *CHS.* При этом одно и то же устройство могло иметь разные варианты логической архитектуры. Взаимное преобразование логической и физической адресации выполняется встроенным контроллером устройства. В настоящее время используется линейная адресация логического блока *LBA (Logical Block Addressing),* где адрес блока (для дисков — сектора) определяется 28-битным числом.

Архитектурой интерфейса *ATA* предусмотрены следующие компоненты:

- хост-адаптер для сопряжения интерфейса *ATA* с системной шиной;
- шлейф с 40 или 80 проводниками, с двумя или тремя разъемами;
- ведущее устройство *(Master),* официально именуемое *Device 0;*
- ведомое устройство *(Slave),* официально именуемое *Device 1.*

Если к шине *ATA* подключено одно устройство, оно должно быть ведущим. Если подключены два устройства, одно должно быть ведущим, другое — ведомым. Все иные варианты назначения устройств неработоспособны. Существует два способа задания адреса устройства на канале шины *ATA:* с помощью кабельной выборки или явным заданием адреса на каждом из устройств. Режим кабельной выборки включается перемычкой *CS (Cable Select* — кабельная выборка). В этом случае оба устройства на шине конфигурируются одинаково (в режим *CS),* а адрес устройства определяется его положением на шлейфе. Режим кабельной выборки работоспособен, если он поддерживается всеми устройствами данного канала шины, включая и хост-адаптер. Недостатком кабельной выборки является привязка физического положения устройств к кабелю: ведущее устройство должно быть ближе к адаптеру, чем ведомое устройство.

Более распространен режим явной адресации, когда адрес каждого устройства задается перемычками, состав которых у разных моделей варьируется. В принципе достаточно лишь указать устройству его роль *(Master/Slave).* Следует учитывать, что перестановка джамперов воспринимается устройством зачастую только по включении питания.

Оба устройства воспринимают команды от хост-адаптера одновременно. Однако исполнять команду будет лишь выбранное устройство, определяемое состоянием регистра выборки. Выходные сигналы на шину *АТА* имеет право выводить только выбранное устройство. Такая система подразумевает, что, начав операцию обмена с одним из устройств, хост-контроллер не может переключиться на обслуживание другого устройства той же шины *АТА* до завершения начатой операции обмена. Параллельно могут работать только устройства *IDE,* подключаемые к разным шинам (каналам) *АТА.*

Таблица 9. Параметры циклов обмена интерфейса АТА

Режим	Минимальное время цикла, нс	Скоростьпередачи.
РЮ mode 0	600	3,3
PIO mode 1	383	5,2
PIO mode 2	240	8,3
PIO mode 3	180	8,3
PIO mode 4	120	16,6
PIO mode 5	100	20
Single word DMA Mode 0	960	2,08
Single word DMA Mode 1	480	4,16
Single word DMA Mode 2	240	8,33
Multiword DMA Mode 0	480	4,12
Multiword DMA Mode 1	150	13,3
Multiword DMA Mode 2	120	16,6
Multiword DMA Mode 3	100	20
Multiword DMA Mode 4	80	33
Multiword DMA Mode 5	60	66
Multiword DMA Mode 6	40	100
Multiword DMA Mode 7	20	133

Стандарт *АТА* имеет систему команд, рассчитанную на приводы магнитных дисков. Для операций, связанных с обменом данными, предназначены команды, использующие программные режимы *РЮ (Programmed*

Input/Output) или блочные режимы *DMA (Direct Memory Access).* Блочный режим за счет сокращения числа прерываний, которые должен обслужить процессор, в многозадачной системе позволяет повысить производительность дискового обмена. Обмен по каналу *DMA* в отличие от *PIO* занимает только шины ввода/вывода и памяти. Процессору требуется выполнить только процедуру инициализации канала, после чего до прерывания от устройства, полученному в конце передачи блока, он свободен. Режимы обмена по каналу *DMA* могут быть одиночными и множественными. При множественном режиме *(Multiword DMA)* на сигнал запроса хост отвечает потоком циклов *DMA.* Если устройство не справляется с этим потоком, оно может приостановить поток, а по готовности к продолжению — возобновить. Множественный режим позволяет развивать более высокую скорость передачи. В режиме *Ultra DMA* за каждый такт передаются два слова данных, одно по фронту синхронизирующего сигнала, другое по спаду. Это позволяет повысить пропускную способность шины, не увеличивая максимальную частоту переключений сигналов.

На сегодняшний день последней спецификацией интерфейса считается *ATA-133.* Ее появление обусловлено тем, что спецификацией *ATA-100* допускалось использование жестких дисков объемом до 137 Гбайт, что связано с 28-битной адресацией сектора. Однако современные диски быстро преодолели этот рубеж. В спецификации *ATA-133* используется 48-битная адресация сектора, что позволяет адресовать диски объемом до144 петабайт. Кроме того, внедрение режима *Multiword DMA Mode 7* позволило увеличить скорость передачи до 133 Мбайт/с.

Спецификация ATAPI

Для подключения к интерфейсу *ATA* накопителей *CD-ROM,* стримеров и ряда других устройств набора регистров и системы команд *ATA* оказывается недостаточно. Для них существует аппаратно-программный интерфейс *ATAPI (ATA Package Interface* — пакетный интерфейс *ATA).* Устройство *ATAPI* поддерживает минимальный набор команд *ATA,* а также 16-байтный командный пакет, который пересылается хост-контроллером в регистр данных устройства. Структура командного пакета аналогична таковой для шины *SCSI,* что обеспечивает схожесть драйверов одних и тех же устройств, имеющих интерфейсы *SCSI* и *ATAPI.* Классификация устройств совпадает с принятой в *SCSI,* информация о классе устройства размещается им самостоятельно в начале блока параметров идентификации.

Интерфейс *ATAPI* можно использовать с любыми адаптерами *ATA,* поскольку для контроллера поддержка *ATAPI* иногда выполняется чисто программными средствами. Специфические команды вместе с необходимыми параметрами передаются по команде *Packet,* код которой является недействительным для устройств *ATA.*

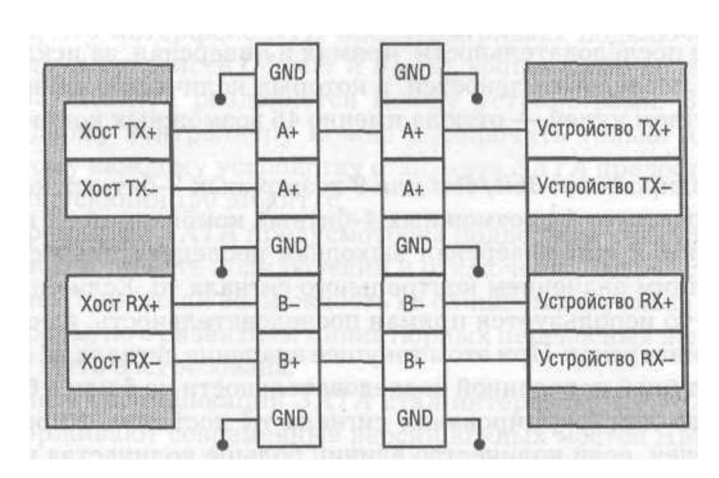
Шина Serial ATA

Спецификации последовательного интерфейса *Serial ATA (SATA)* версии *1.0* были опубликованы в августе 2001 г., а спецификация *Serial ATA II*— в октябре 2002 г. В настоящее время интерфейс *SATA* считается основным для подключения накопителей различных типов в современных платформах настольных ПК.

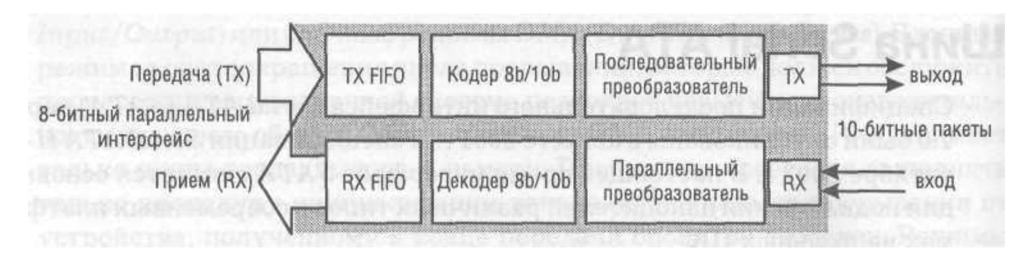
Стандарт *SATA* подразумевает последовательную передачу данных, а потому сигнальные линии задействуют всего две дифференциальные пары. Одна из них работает на передачу, а другая — на прием. Всего же в кабеле *SATA* допускается использование семи проводников, три из которых предназначены для заземления. Максимальная длина кабеля при этом составляет один метр.

По сравнению с традиционным параллельным интерфейсом *ATA* шина *Serial ATA* имеет большую помехозащищенность и мало восприимчива к электромагнитным помехам благодаря использованию низкоуровневых дифференциальных сигналов. Уровень сигнала измеряется не по отношению к «земле», а по отношению к уровню сигнала в соседнем проводе, то есть как разница сигналов в двух проводниках. Любая наведенная помеха сказывается на обоих сигналах, однако их дифференциальная разница при этом не меняется.

На логическом уровне для передачи данных используется двухэтапное кодирование *8bit/10bit.* При логическом кодировании *8b/10Ь* каждые 8 бит исходной последовательности данных замещаются 10-битным кодом в соответствии с определенными правилами. В результате для 256 возможных комбинаций из 8 бит на входе получают 1024 возможные комбинации для 10 бит на выходе. При классическом подходе разрешенными из этих



Функциональная схема шины SATA



Преобразование сигналов ATA в сигналы SATA

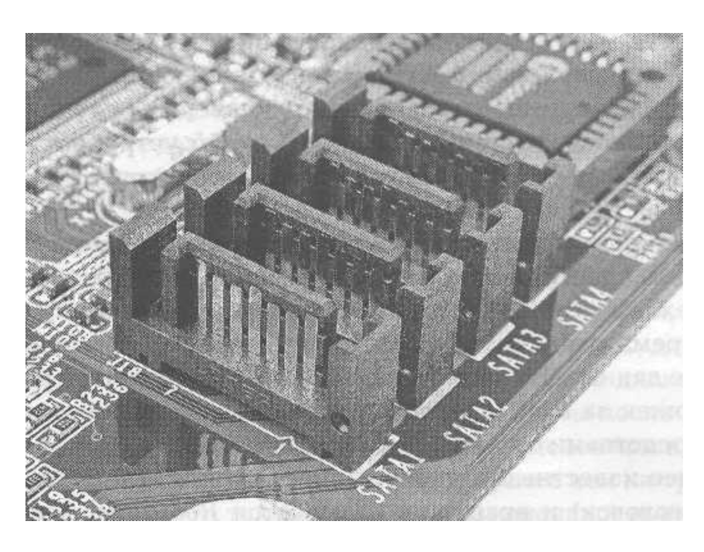
1024 комбинаций считаются только 256, а остальные — запрещенными. Такая избыточность используется для повышения помехоустойчивости кодирования.

Однако в протоколе *SATA* используется больше, чем 256 разрешенных комбинаций, за счет двухэтапного кодирования. При этом каждой входной последовательности может соответствовать несколько выходных, а какая именно выходная комбинация будет использована, зависит от контрольного сигнала *rd,* формируемого в процессе передачи.

При кодировании согласно протоколу *SATA* исходные 8 бит разбиваются на подгруппы длиной 5 бит и 3 бит. На первом этапе подгруппа 5 бит подвергается кодированию *5bit/6bit,* то есть каждые 5 бит заменяются на 6 бит. На втором этапе оставшиеся 3 бита подвергаются кодированию *3bit/4bit.* При кодировании каждой группы (сначала 5 бит, а потом оставшихся 3 бит) формируется специальный бинарный контрольный сигнал *rd (Running Disparity),* который может быть либо отрицательным *(rd-),* либо положительным *(rd+).* Кодирование *5bit/6bit* для 32 возможных 5-битных комбинаций на входе обеспечивает 46 комбинаций по 6 бит на выходе. Получают эти 46 комбинаций следующим образом: каждой из 32 возможных 5-битных комбинаций на входе ставятся в соответствие две 6-битные выходные последовательности: прямая и инверсная, за исключением тех 6-битных последовательностей, в которых количество единиц совпадает с количеством нулей — отсюда именно 46 возможных комбинаций на выходе.

При кодировании *3bit/4bit* для 8 возможных 3-битных комбинаций на входе существует 14 возможных 4-битных комбинаций на выходе. Здесь также прямая или инверсная выходная последовательность определяется текущим значением контрольного сигнала *rd.* Если сигнал *rd* положителен, то используется прямая последовательность, а если отрицателен — то инверсная. При этом текущее значение сигнала *rd* определяется по предыдущей переданной последовательности из 6 или 4 бит.

Правило для формирования сигнала *rd* достаточно простое. Сигнал положителен, если количество единиц больше количества нулей в группе закодированных бит. Исключение составляют последовательности с



Сигнальные разъемы SATA

равным количество нулей и единиц. Например, для последовательностей 000111 (подгруппа 6 бит) и 0011 (подгруппа 4 бит) сигнал считается положительным, а для последовательностей 111000 и 1100 — отрицательным. Во всех остальных случаях сигнал *rd* нейтрален и не меняет своего состояния. Кроме логического двухэтапного кодирования, при передаче данных используется метод циклического избыточного контроля *CRC-32 (Cyclic Redundancy Check).* На физическом уровне используется код *NRZ (Non Return to Zero).*

Другой особенностью интерфейса *SATA* является организация взаимодействия между контроллером и диском по принципу «точка-точка». Напомним, что интерфейс *ATA* предусматривает подключение на один канал до двух устройств *(Master* и *Slave);* соответственно полоса пропускания 133 Мбайт/с разделяется между устройствами. В интерфейсе *SATA* к одному контроллеру можно подключить только один жесткий диск, поэтому каждому устройству стандарта *SATA* предоставляется вся полоса пропускания 150 Мбайт/с.

Спецификацией *SATA* предусмотрена поддержка технологии горячей замены дисков, то есть подключения и отключения устройств на работающей шине. Пока такая возможность не слишком актуальна для настольных платформ, но с развитием миниатюрных переносных жестких дисков она может быть востребована.

Развитием спецификации *SATA* стал интерфейс *Serial ATA II,* который поддерживают современные версии южных мостов НМСЛ ведущих производителей, например компаний *Intel, nVidia, VIA* и *SiS.* Явным отличием спецификации *SATA II* выглядит увеличение пропускной способ-

ности шины до 300 Мбайт/с. Однако спецификация имеет много внешне малозаметных улучшений, существенно влияющих на эффективность накопителей. Например, в спецификацию введены специальные мосты-умножители, позволяющие подключать до 15 устройств на один канал *SATA.* Но главные усовершенствования связаны с оптимизацией очереди команд.

Жесткий диск, в отличие от чисто электронных компонентов компьютера, представляет собой электронно-механическое устройство. Наличие электромеханической части, имеющей гигантское, по «электронным» меркам, время реакции, обусловливает неизбежные задержки в поиске и передаче данных. В спецификации *SATA II* приняты меры по уменьшению задержек за счет изменения порядка выполнения команд, поддержанные средствами организации очередей команд.

Наиболее известный алгоритм минимизации задержек поиска (перемещения головок) и вращения называется *Rotational Position Ordering* (упорядочение по вращению). Используя этот алгоритм, накопитель может расположить команды обращения к магнитным носителям так, чтобы сократить время доступа до минимума. Первоначально использовались алгоритмы, минимизирующие расстояние, на которое перемещается головка, сокращая тем самым время поиска. Но при этом общее время доступа могло увеличиваться, поскольку после быстрого перемещения головки на нужную дорожку приходилось ждать почти полного оборота пластины для появления под головкой требуемого сектора. Алгоритм *Rotational Position Ordering* при выстраивании очереди команд учитывает оба фактора — дистанцию поиска и текущее положение головок на окружности пластин. В результате команды выполняются в таком порядке, чтобы сократить до минимума общее время доступа, включающее обе задержки — поиска и вращения. Именно этот алгоритм был положен в основу технологии *Native Command Queuing (NCQ).*

Жесткие диски *SATA II* могут не только выстраивать принятые команды наиболее оптимальным с точки зрения механических перемещений образом, но и динамически добавлять поступившие в процессе обработки команды в нужные позиции очереди. Перестановка ожидающих выполнения команд производится с учетом не только положения головок после выполнения последней команды, но и множества других факторов. Для определения того, какая команда будет выполняться следующей, используются сложные алгоритмы, учитывающие переключение головок, времена поиска определенных дорожек, режимы работы (например, в режиме с пониженным уровнем шума последовательность может отличаться от обычного режима, поскольку здесь учитывается, что поиск должен создавать минимум шума). Принимаются во внимание такие параметры, как расстояние, на которое перемещаются головки, начальное положение и направление поиска, характеристики ускорения и замедления позици-

онера, различные времена установления головок на дорожке для чтения и записи, попадания и промахи в кэш-памяти при чтении, наличие кэширования записи и многие другие. Кроме того, применяются алгоритмы, предупреждающие «зависание» отдельных команд в очереди.

Другая составляющая технологии — уменьшение задержек вращения жесткого диска. Эффект достигается двумя методами. Первый — это перегруппировка ожидающих выполнения команд аналогично тому, как это делается для минимизации задержек поиска. Если накопитель выполняет команды в порядке их поступления, то в ситуации, когда сначала поступает команда чтения сектора А, затем В, а затем С, для выполнения всех трех команд потребуется примерно 1,5 оборота дисковых пластин. Изменив же порядок выполнения команд так, чтобы после А считывался сектор С и только потом В, можно «уложиться» менее чем в один оборот и сократить общее время выполнения запроса более чем на треть.

Второй способ — это так называемый измененный порядок доставки данных *(out-of-order data delivery)*. Это значит, что головка не обязательно должна начинать чтение (запись) с первого LBA-сектора запрошенного блока данных. Она может начать передачу с любого наиболее «удобного» для нее сектора, входящего в запрошенный блок, а недостающее начало блока передать в конце текущего оборота диска. Использование измененного порядка доставки позволяет в наихудшем случае затратить на передачу блока данных не более одного оборота пластины. Без него в наихудшем случае время передачи составит один оборот плюс время передачи всех входящих в блок секторов.

Для реализации изменения порядка следования команд необходима маркировка каждой команды, отличающая ее от других команд в очереди. В *NCQ* для этого используется 5-битный тег, поэтому максимальное число команд в очереди не может превышать 32. Базой для реализации *NCQ* в рамках протокола *Serial ATA* стали три механизма: сообщения о статусе завершения команды без состязаний *(race-free status return),* агрегирования прерываний *(interrupt aggregation)* и прямого доступа к памяти по инициативе устройства *(First Party DMA).*

Механизм *Race-Free Status Return* позволяет устройству сообщать о статусе выполнения любой команды в любое время. Никаких специальных «переговоров» с хост-адаптером для посылки статусного сообщения не требуется. Накопитель может сообщать о завершении нескольких команд подряд или даже одновременно.

Механизм *Interrupt Aggregation* позволяет обрабатывать одно прерывание для нескольких команд. Обычный алгоритм общения накопителя с хост-адаптером предусматривает обработку прерывания каждый раз, когда завершается выполнение очередной команды. Чем больше прерываний, тем больше нагрузка на хост-адаптер и центральный процессор. При использовании *NCQ* среднее количество прерываний, генерируемых на

одну команду, может быть меньше единицы. Если накопитель завершает несколько команд в течение короткого промежутка времени, отдельные прерывания могут объединяться (агрегироваться). Тогда хост-контроллеру достаточно обработать одно прерывание на несколько команд.

Механизм *First Party DMA* позволяет накопителю инициировать операцию прямого доступа к памяти для передачи данных без участия хост-контроллера и центрального процессора. Накопитель выбирает контекст ПДП, посылая хост-контроллеру так называемую *DMA Setup FIS (Frame Information Structure,* базовая единица обмена данными в протоколе *Serial ATA).* Эта *FIS* сообщает тег команды, для которой следует создать канал ПДП.

На основании значения тега хост-контроллер загружает в контроллер ПДП компьютера указатель на соответствующую этой команде *PRD-таблицу (Physical Region Descriptor* — структура, используемая для описания областей памяти, с которыми производится обмен данными), после чего передача данных происходит без вмешательства со стороны ЦП. Именно благодаря этому механизму накопитель может эффективно реорганизовывать команды, поскольку место в памяти для обмена данными он выбирает по собственной инициативе. Получив команду, накопитель должен знать, исполнять ли ему ее немедленно или ставить в очередь. Он также должен знать, какой протокол передачи данных будет использоваться — *NCQ, DMA, PIO* и т. д. Эту информацию он получает, декодируя код операции команды.

В целом внедрение интерфейса *Serial ATA* позволило серьезно повысить эффективность подсистемы накопителей в настольных компьютерах и вывести ее на уровень, ранее характерный для профессиональных серверных решений. Например, использование RAID-массивов с дисками *SATA* заметно улучшает производительность мультимедийных приложений, игр и других программ, требующих обработки больших объемов информации.

Шина SCSI

Спецификация *SCSI (Small Computer System Interface)* определяет физическую шину ввода-вывода и поддерживаемый ею логический интерфейс для подключения периферийных устройств. Основная идея разработки — обеспечение возможности подключения разных устройств к единой скоростной шине без необходимости модернизации аппаратной и программной части хост-системы. К шине *SCSI* могут подключаться накопители различного типа, принтеры, сканеры, фото- и видеокамеры. Шина *SCSI* практически не встречается в настольных компьютерах, но рабочие станции и серверы практически всегда имеют ее в составе платформы.

Возникновение *SCSI* относится к 1970-м годам, когда компанией *Shugart Associates* был предложен интерфейс восьмиразрядной параллельной шины и высокоуровневого протокола, обеспечивающего логический доступ к устройству, не зависящий от его внутренней конфигурации. Главное достоинство такого высокоуровневого подхода к доступу — обеспечение взаимозаменяемости оборудования разных производителей. Используя однополярную передачу сигнала, имея 8-разрядную шину, работающую в асинхронном режиме, интерфейс стал значительным шагом вперед, обеспечивая полосу пропускания 1,5 Мбайт/с.

В 1982 г. комитет Американского национального института стандартов *(ANSI)* одобрил предварительную спецификацию *SCSI,* в значительной мере основанную на разработках *Shugart Associates.* Отличительными чертами интерфейса *SCSI* стали:

- использование дифференциальной передачи электрического сигнала, обеспечившей высокий уровень помехоустойчивости при длине шины до 25 метров;
- использование режима синхронной передачи данных на скоростях до 5 Мбайт/с;
- определение расширенного набора команд для поддержки дисков большой емкости и возможности самостоятельного конфигурирования устройств;
- определение команд для поддержки других устройств (принтеров, накопителей на магнитных лентах и оптических дисках).

В 1986 г. спецификация *SCSI-1* была утверждена *ANSI* окончательно. Первая версия стандарта определяла логический интерфейс, функционирующий на 8-разрядной разделяемой шине, работающей на частоте 5 МГц и позволяющей подключать до восьми устройств. Устройства объединялись в цепочку с помощью кабеля, образуя шину, которая терминировалась с обоих концов. Два любых устройства, подключенных к шине, могут установить соединение друг с другом и произвести обмен данными. Устройство, инициирующее соединение, называется инициатором *(Initiator),* а его абонент называется целевым устройством или адресатом *(Target).* Спецификацией *SCSI* предусматривается, что любое устройство, подсоединенное к шине, может быть как инициатором, так и целевым устройством. Соединение в один момент времени возможно только между двумя устройствами на шине.

Все *SCSI*-устройства подразделяются на несколько групп, для каждой из которых определен свой базовый набор команд:

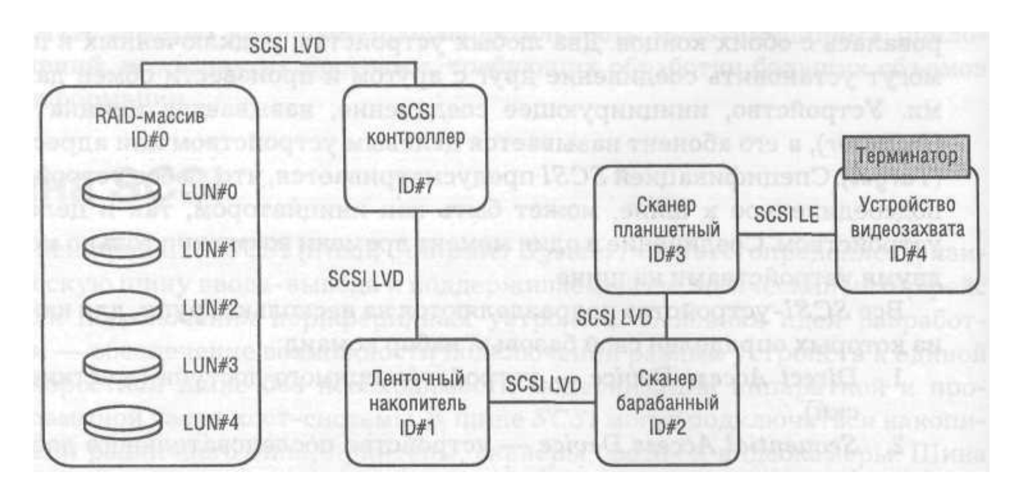
1. *Direct Access Device* — устройство прямого доступа (жесткие диски).
2. *Sequential Access Device* — устройство последовательного доступа (ленточные накопители).

3. *Printer device* — принтер (устройство печати).
4. *Processor device* — устройство обработки данных.
5. *Write Once Read Many Device* — некоторые виды оптических накопителей с однократной записью.
6. *CD-ROM Device* — оптический накопитель с возможностью чтения данных.
7. *Scanner device* — сканеры.
8. *Other* — прочие устройства.

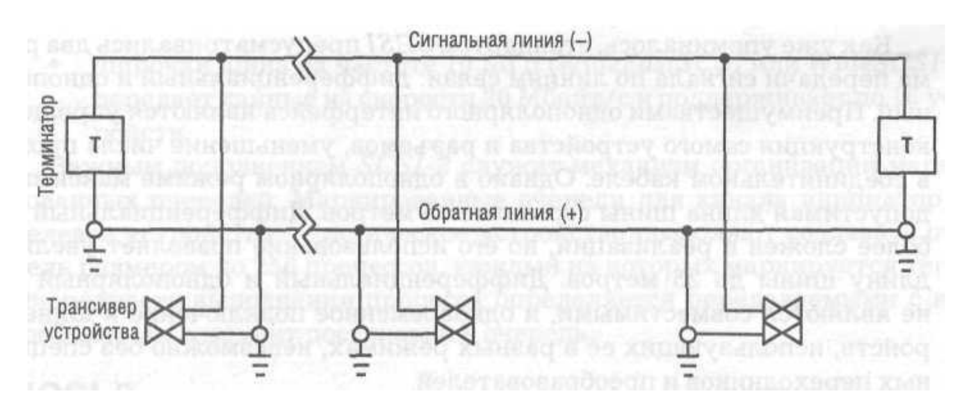
Поскольку для каждого типа периферийных устройств определен базовый набор команд, то установка драйверов требуется только в тех случаях, если набор команд устройства шире, чем базовый. В остальных случаях устройства способны работать со стандартными драйверами, входящими в состав операционной системы.

Физически шина *SCSI-1* представляет собой набор из 25 пар проводников, часть которых используется для передачи данных и управляющих сигналов, а другая часть — для служебных целей или же зарезервирована для будущих расширений. Всего на шине *SCSI*-118 сигнальных линий: 9 используются для передачи управляющих сигналов и 9 — для передачи данных. Шина *SCSI* является инверсной, то есть высокому уровню сигнала соответствует состояние «ложь», а низкому— «истина». Для внутренних соединений проводники образуют шлейф из 50 проводников.

Для адресации каждое устройство, подключенное к шине, должно иметь свой идентификатор — *SCSI ID,* представляющий собой позиционный код, выдаваемый на шину данных: каждой линии шины данных соответствует определенный идентификатор (и, соответственно, определенное устройство). Поскольку шина *SCSI-1* имеет ширину 8 бит, максимально может быть адресовано (идентифицировано) 8 устройств. Каждое



Вариант топологии цепочки устройств SCSI



Принципиальная схема сегмента шины SCSI SE

устройство *SCSI-шины* может быть структурировано на логические единицы *(Logical Units, LUN),* число которых в устройстве, адресуемом одним *SCSI ID,* может достигать 8 (от *LUN0* до *LUN7).* Это имеет смысл, когда конечное устройство состоит из какого-то числа компонентов (возможно, выполняющих разные функции) и есть необходимость обращаться к каждому отдельно. В этом случае адресация компонента осуществляется парой тегов *(SCSI ID, LUN).* Чтобы использовать на шине как можно большее число устройств, применяют мосты — контроллеры, подключаемые к основной шине SCSI и образующие новую ветку, позволяющую подсоединить несколько устройств, имеющих один *SCSI ID* и разные *LUN.*

Устройства на *SCSI-шине* неравноправны: каждое имеет свой приоритет в соответствии с номером *ID.* Максимальный приоритет имеет устройство с максимальным *ID.* Хост-адаптер шины всегда имеет *ID7,* для того чтобы он мог занять шину в любой нужный ему момент. Обычно *ID* распределяют следующим образом.

ID	Устройство
0	Винчестеры
1	Винчестеры
2	Сканеры, принтеры
3	CD-ROM
4	Ленточные или магнитооптические накопители
5	Прочие дисководы
7	Хост-адаптер *SCSI*

Первоначально назначение *SCSI ID*-устройству осуществлялось при помощи перемычек, число которых было достаточно велико. Сейчас применяют удобные микропереключатели.

Как уже упоминалось, стандартом *SCSI* предусматривались два режима передачи сигнала по линиям связи: дифференциальный и однополярный. Преимуществами однополярного интерфейса являются упрощенная конструкция самого устройства и разъемов, уменьшение числа проводов в соединительном кабеле. Однако в однополярном режиме максимально допустимая длина шины составляет 6 метров. Дифференциальный *SCSI* более сложен в реализации, но его использование позволяет увеличить длину шины до 25 метров. Дифференциальный и однополярный *SCSI* не являются совместимыми, и одновременное подключение к шине устройств, использующих ее в разных режимах, невозможно без специальных переходников и преобразователей.

Для предотвращения распространения отраженного сигнала шина *SCSI* должна быть терминирована с обоих концов. В *SCSI-1* оговаривается два варианта терминаторов: активные и пассивные. Пассивные используются в основном для шины, работающей в однополярном режиме, для дифференциальной шины рекомендуется использование активных терминаторов. Часто устройства уже имеют в своем составе терминатор, избавляя от необходимости приобретать его отдельно, и допускают управление им — включено/выключено.

SCSI-2

В 1988 г. началась работа над спецификацией *SCSI-2.* Основными направлениями для совершенствования стали увеличение производительности, расширение числа адресуемых устройств, улучшение совместимости. В новой спецификации значительно был расширен список поддерживаемыхустройств(сканеры,коммуникационныекомпоненты,магнитооптические накопители), расширены существующие наборы команд.

Увеличение максимального числа устройств на шине при сохранении прежнего механизма адресации обеспечено за счет ее расширения до 16 или 32 бит. Для сохранения совместимости была оставлена поддержка 8-разрядной шины. Кроме увеличения числа адресуемых устройств, такой подход позволяет также поднять производительность. Для обозначения разновидностей шины были введены два термина: узкая *(Narrow)* и широкая *(Wide).* Термин «узкая» относится к первоначальной 8-разрядной шине, а термин «широкая» — к 16-разрядной. Также была увеличена до 10 МГц частота шины при работе в синхронном режиме. Шина, работающая на такой частоте, получила название Fast (отсюда и второе название стандарта — *FastSCSI).* Таким образом, стандарт *SCSI-2* обладает следующими возможностями:

- узкая шина, работающая на частоте 10 МГц *(FastSCSI* или *SCSI-2),* обеспечивает передачу данных на скорости 10 Мбайт/с и поддерживает до 8 устройств;

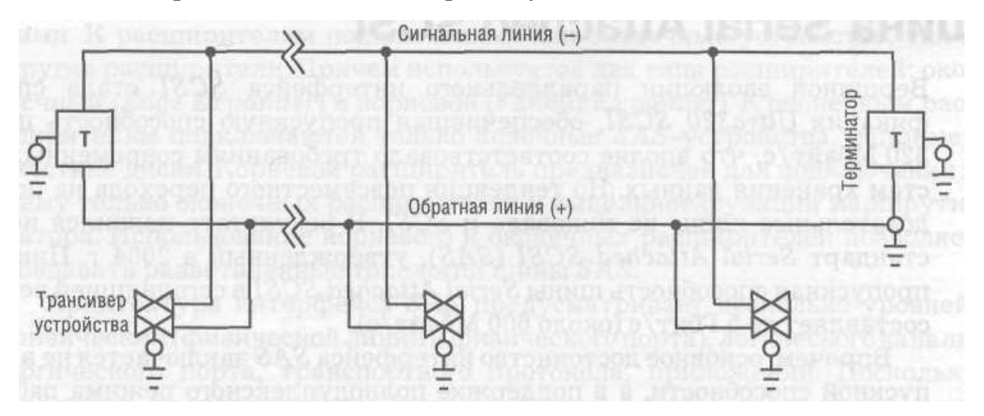
- широкая шина на частоте 10 МГц *(WideFastSCSI* или *WideSCSI-2)* передает данные на скорости 20 Мбайт/с и поддерживает до 16 устройств.

Важным дополнением *SCSI-2* служит механизм организации маркированных очередей. Маркированные очереди для канала инициатор — целевое устройство — логическое устройство позволяют создавать очередь размером до 256 процессов, каждый из которых маркируется тегом. Очередность выполнения процесса определяется передаваемыми с ним сообщениям в момент постановки в очередь.

SCSI-3

Разработка стандарта *SCSI-3* началась в 1993 г. Авторы отказались от определения привычной параллельной шины и ряда последовательных технологий на нижнем уровне интерфейса. Это было сделано специально, чтобы обеспечить универсальность шины за счет снятия ограничений на скоростьипротяженностьсоединений. Внутриспецификацииопределены специальные разделы, описывающие отдельные шины. Технология параллельной медной шины *SCSI* названа *SCSI-3 Parallel Interface* и определяется серией стандартов *SPI—x.* Стандарт *SPI—1* описывает шину с тактовой частотой до 20 МГц, благодаря чему он получил название *UltraSCSI.* Пропускная способность достигает 20 Мбайт/с для «узкой» и 40 Мбайт/с для «широкой» версий шины. Хотя теоретически число поддерживаемых устройств осталось прежним (8 для узкой и 16 для широкой версий), при использовании кабельного соединения более четырех устройств объединять нельзя. Терминаторы в *UltraSCSI* можно использовать только активные. Такова плата за высокую производительность.

Стандарт *SPI-2* описывает шину с тактовой частотой 40 МГц, что обеспечивает пропускную способность 40 Мбайт/с или 80 Мбайт/с, в зависимости от ширины шины. Стандарт получил название *Ultra2SCSI.* На шине



Принципиальная схема сегмента дифференциальной шины SCSI

применена технология низковольтных уровней дифференциального сигнала *(Low Voltage Differential, LVD).* По аналогии прежняя технология получила название *High Voltage Differential (HVD).* Устройства *HVD* и *LVD* не могут использоваться одновременно. Максимальная длина соединения составляет 12 метров для шины *LVD* и 25 метров для шины *HVD.*

Стандарт *SPI—3* (иногда называется *Ultra3SSCSI)* принят в 1998 г. В спецификации произошел полный отказ от высоковольтных сигналов и ликвидирована 32-разрядная шина. Из нововведений к наиболее существенным относятся двойная синхронизация, использование контрольно-циклических кодов (CRC) и контроль окружения. Повышение пропускной способности шины до 160 Мбайт/с достигнуто за счет синхронизации по обоим фронтам тактового сигнала. Применение механизма *CRC* позволяет обнаруживать все одиночные разрядные ошибки, все двойные разрядные ошибки, нечетное число ошибок и все ошибки пакета длиной до 32 бит, благодаря чему существенно возрастает надежность передачи. Контроль окружения выполняется в автоматическом режиме и представляет собой процедуру, проверяющую канал передачи данных на соответствие выбранному режиму. Если обнаружится опасность потери данных, будет автоматически осуществлен переход в менее скоростной режим.

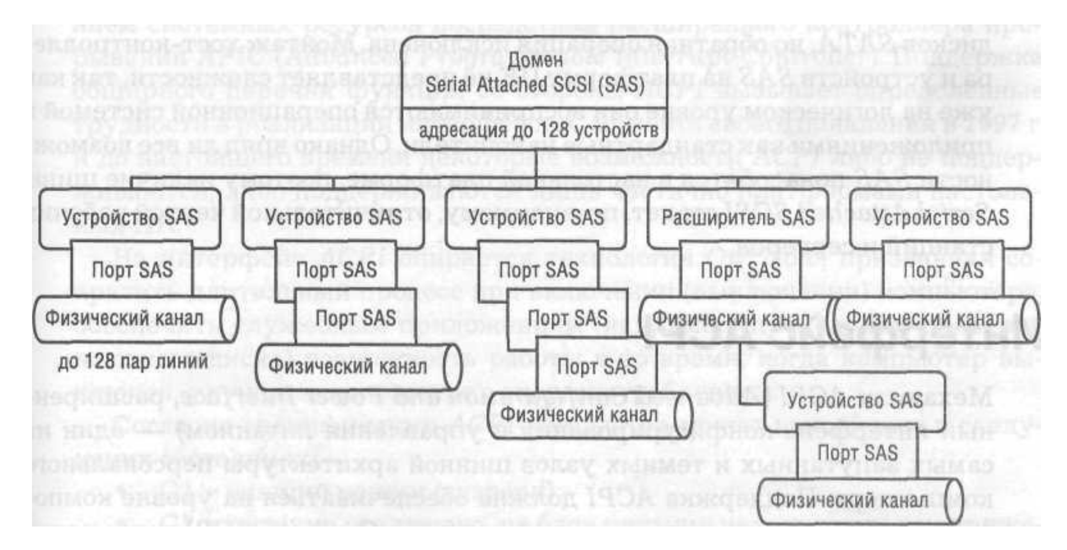
Стандарт *SPI-4 (Ultra 320 SCSI)* описывает 16-битную шину с тактовой частотой 80 МГц и двойной синхронизацией, что обеспечивает пропускную способность 320 Мбайт/с. Спецификация содержит несколько технологических новшеств, повышающих надежность обмена данными.

Стандарт *SPI-5 (Ultra 640 SCSI)* описывает параллельный интерфейс со скоростью передачи 640 Мбайт/с. Окончательная спецификация шины так и не была утверждена, хотя некоторые компании выпускали устройства *Ultra 640 SCSI.* Промышленная ассоциация *SCSI* отвергла планы по его разработке и сфокусировалась на *Serial Attached SCSI.*

Шина Serial Attached SCSI

Вершиной эволюции параллельного интерфейса *SCSI* стала спецификация *Ultra320 SCSI,* обеспечившая пропускную способность шины 320 Мбайт/с, что вполне соответствовало требованиям современных систем хранения данных. Но тенденция повсеместного перехода на последовательные шины не миновала и *SCSI.* В результате появился новый стандарт *Serial Attached SCSI (SAS),* утвержденный в 2004 г. Пиковая пропускная способность шины *Serial Attached SCSI* в сегодняшней версии составляет до 5 Гбит/с (около 600 Мбайт/с).

Впрочем, основное достоинство интерфейса *SAS* заключается не в пропускной способности, а в поддержке полнодуплексного режима работы, возможности подключения до 128 корневых устройств (всего до 16256 уст-



Возможная топология системы Serial Attached SCSI

ройств с учетом всех веток), в обратной совместимости на физическом уровне с шиной *Serial ATA.*

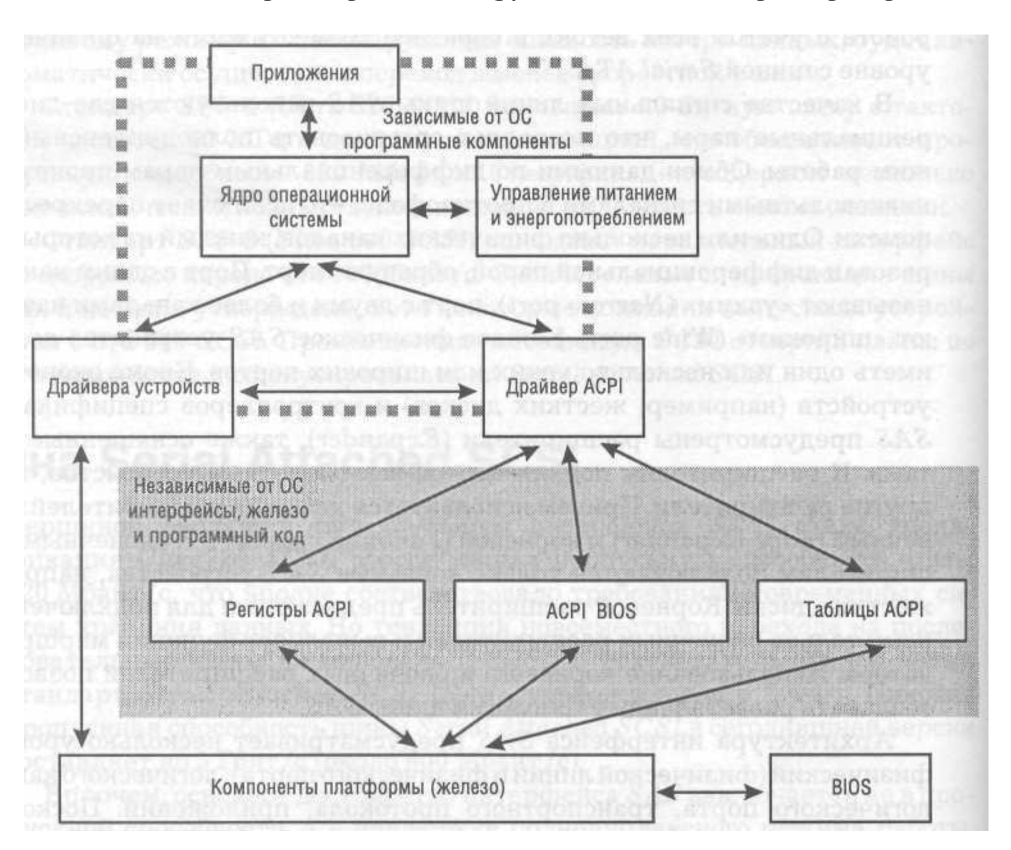
В качестве сигнальных линий шины *SAS* используются две дифференциальные пары, что позволяет организовать полнодуплексный режим работы. Обмен данными по дифференциальным парам происходит низковольтными сигналами в противофазе, что исключает перекрестные помехи. Один или несколько физических каналов, каждый из которых образован дифференциальной парой, образуют порт. Порт с одним каналом называют «узким» *(Narrow port),* порт с двумя и более каналами называют «широким» *(Wide port).* Каждое физическое *SAS*-устройство должно иметь один или несколько узких или широких портов. Кроме оконечных устройств (например, жестких дисков) и контроллеров спецификацией *SAS* предусмотрены расширители *(Expander),* также оснащенные портами. К расширителям подключаются как оконечные устройства, так и другие расширители. Причем используется два типа расширителей: оконечный *(Edge Expander)* и корневой *(Fanout Expander).* К оконечным расширителям подключаются только конечные *SAS*-устройства, например жесткие диски. Корневой расширитель предназначен для подключения к нему только оконечных расширителей и выполняет функции маршрутизатора. Использование корневого и оконечных расширителей позволяет создавать разветвленные топологии шины *SAS.*

Архитектура интерфейса *SAS* предусматривает несколько уровней: физический (физической линии и физического порта), логического канала, логического порта, транспортного протокола, приложений. Поскольку различия, препятствующие взаимодействию с *SATA,* начинаются лишь на самом низком физическом уровне, к шине *SAS* возможно подключение

дисков *SATA,* но обратная операция исключена. Монтаж хост-контроллера и устройств *SAS* на платформу ПК не представляет сложности, так как уже на логическом уровне они воспринимаются операционной системой и приложениями как стандартные накопители. Однако вряд ли все возможности *SAS* понадобятся в настольной платформе, поэтому наличие шины *Serial Attached SCSI* станет, по-видимому, отличительной чертой рабочих станций и серверов.

Интерфейс ACPI

Механизм *ACPI (Advanced Configuration and Power Interface,* расширенный интерфейс конфигурирования и управления питанием) — один из самых запутанных и темных узлов шинной архитектуры персонального компьютера. Поддержка *ACPI* должна обеспечиваться на уровне компонентов, *BIOS* и ядра операционной системы. Система *ACPI* занимается менеджментом энергосберегающих функций компьютера и распределе-



Топология интерфейса ACPI

нием системных ресурсов посредством расширенного контроллера прерывания *APIC (Advanced Programmable Interrupt Controller).* Поддержка обширного перечня функций со стороны *ACPI* вызывает определенные трудности в реализации интерфейса. С момента своего появления в 1997 г. и до настоящего времени некоторые возможности *ACPI* либо не поддерживаются, либо поддерживаются лишь частично платформами настольных ПК.

На интерфейс *ACPI* опирается технология *On-Now,* призванная сократить длительный процесс при включении (выключении) компьютера, обеспечить служебным приложениям (например, процедурам проверки жесткого диска) возможность работы в то время, когда компьютер выключен, улучшить положение с энергопотреблением.

Согласно спецификации *ACPI* компьютер может находиться в следующих состояниях:

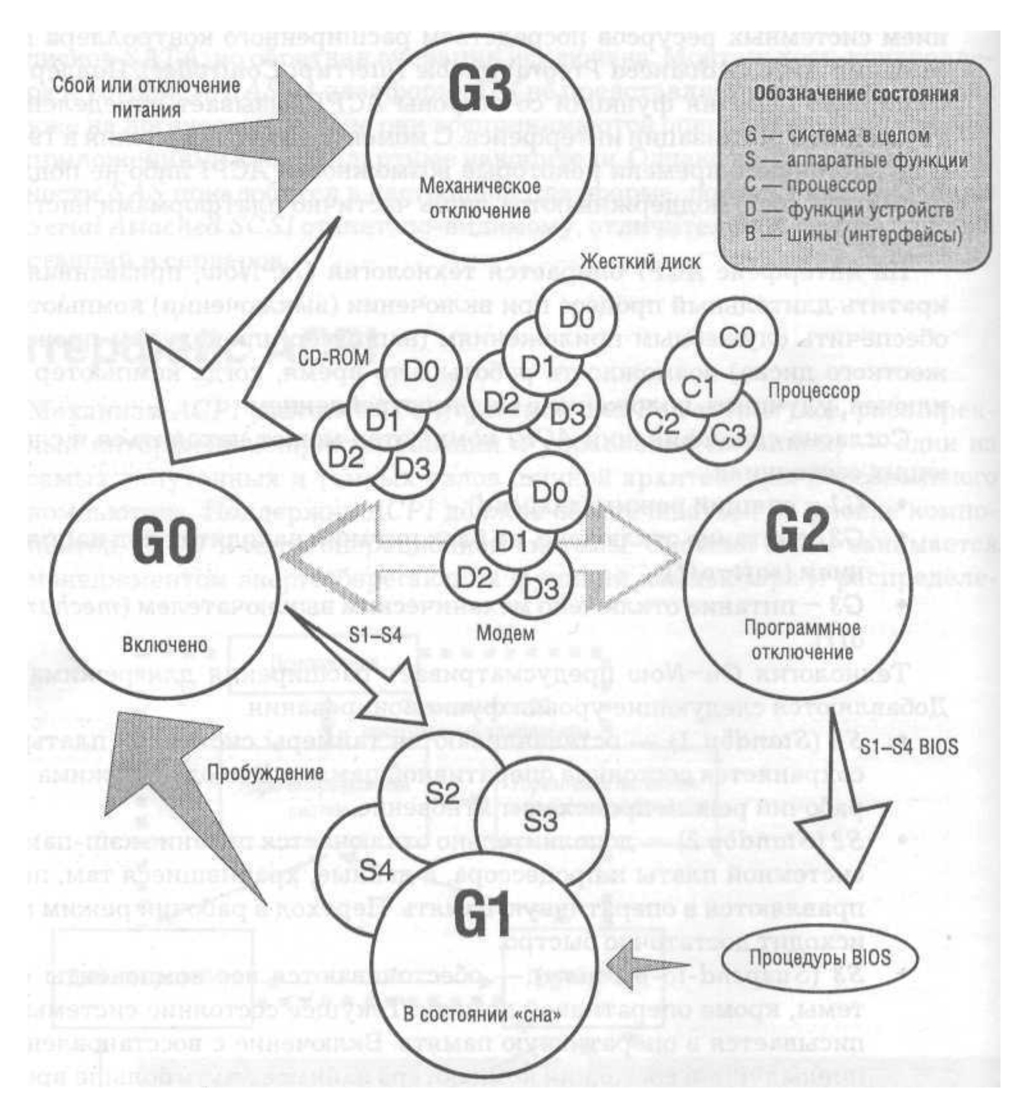
- *G1* — спящий режим *(suspend);*
- *G2* — питание отключено, но блок питания находится под напряжением *(soft-off);*
- *G3* - питание отключено механическим выключателем *(mechanical off).*

Технология *On-Now* предусматривает расширения для режима *G1.* Добавляются следующие уровни функционирования.

- *SI (Standby 1)* — останавливаются таймеры системной платы, но сохраняется состояние оперативной памяти. Выход из режима *S1* в рабочий режим происходит мгновенно.
- *S2 (Standby 2)* — дополнительно отключается питание кэш-памяти системной платы и процессора, а данные, хранившиеся там, переправляются в оперативную память. Переход в рабочий режим происходит достаточно быстро.
- *S3 (Suspend-to-memory)* — обесточиваются все компоненты системы, кроме оперативной памяти. Текущее состояние системы записывается в оперативную память. Включение с восстановлением предыдущего состояния компьютера занимает чуть больше времени, чем из режима *S2.*
- *S4 (Suspend-to-disk)* — данные о состоянии системы и содержимое 'памяти записываются в специально отведенное место на жестком диске. Переход в рабочий режим занимает сравнительно много времени.

Для поддержки режима *S3* необходимо, чтобы системная плата имела схемы раздельного питания компонентов и обеспечивала запись в память на уровне *BIOS.*

Так как спецификацию *On-Now* разрабатывала фирма *Microsoft,* то управляющим центром всей технологии, естественно, стала операционная система *Windows.* Учитывая любовь Билла Гейтса к идее информаци-



Режимы функционирования компонентов согласно спецификации ACPI On-Now

онной магистрали, было предусмотрено многое для работы в локальных и глобальных сетях. В частности, обеспечивается автоматическая загрузка файлов из Интернета и выполнение системных задач. Например, можно задать включение компьютера ночью для просмотра Web-страниц и получения новых файлов. По такому же принципу функционируют другие программы (антивирусы, средства резервного копирования, проверки диска и пр.).

Сохранение сетевых соединений обеспечивается автоматической записью используемых файлов на локальный диск и восстановлением со-

единения после включения компьютера. Поддержка специфических функций предусматривает, например, непрерывную 24-часовую работу факс-модема независимо от состояния компьютера. При необходимости сетевая карта включает систему и запускает необходимые приложения.

Откровенно говоря, автор до сих пор не видел ни одной настольной платформы, поддерживающей функции энергосбережения *ACPI* и *On-Now* в полном объеме. Обязательно что-то не работает или работает не так, как положено. Совсем иначе обстоят дела в сфере переносных компьютеров. Здесь интерфейс *ACPI* поддерживается в полной мере на уровне железа, *BIOS* и приложений.

Для настольных систем самой важной функцией *ACPI* является система *IRQ Sharing* (поддерживается *APIC),* занимающаяся динамическим распределением прерываний между компонентами. Если на одной линии *IRQ* висит несколько устройств, менеджмент между ними обеспечивается системой *IRQ Sharing.* Физически в компьютере имеется 16 линий аппаратных прерываний, но некоторые прерывания имеют статус системных, поэтому их использование или переназначение линии невозможно. В современной компьютерной системе свободных прерываний осталось очень мало.

Таблица 10. Распределение прерываний

Системность	Линия IRQ	Устройство
s	0	Системный таймер
s	1	Клавиатура
s		Cascad (вывод на вторую микросхему контроллера линий прерываний)
s	8	Таймер реального времени
	9	Контроллер ACPI
	10	Свободно
	11	Порт USB
	12	Порт PS/2
s	13	Сопроцессор
	14	Контроллер #1 жестких дисков
	15	Контроллер #2 жестких дисков
	3	Порт Com 1
	4	Порт Com 2
	5	Свободно
s	6	Дисковод FDD
	7	Порт LPT

Все линии прерываний имеют свои приоритеты. Чем выше приоритет у линии прерывания, тем быстрее процессор ответит на запрос устройства, находящегося на этой линии. Прерывания приведены в таблице в порядке приоритета.

Устройств, требующих собственное прерывание и не представленных в таблице, может быть куда больше. Например: сетевая карта, контроллер *RAID* или *SCSI,* ТВ-тюнер, *SATA, IEEE1394 (FireWire)* и так далее. То есть, вполне может сложиться ситуация, когда на два свободных прерывания будет несколько устройств, требующих собственного прерывания. Совместное использование ресурса означает пропорциональное снижение эффективности компонентов. Если на одном прерывании сидят видеокарта и звуковая карта, «торможение» для обоих практически гарантированно.

Существует три метода решения этой проблемы. Первый метод — полноценное использование систем *ACPI* и *IRQ Sharing,* Если системы *ACPI,* а соответственно и *APIC,* включены, то операционная система считает, что имеется 256 виртуальных прерываний, при этом реальных прерываний остается 16. *ACPI* автоматически распределяет прерывания и не позволяет менять их произвольно.

Если устройство может функционировать в режиме кооперации с другими устройствами, то *ACPI* с большой вероятностью посадит их на одну физическую линию. Так на одном физическом прерывании могут оказаться практически все устройства, установленные в компьютере, даже если есть свободные прерывания. Это приводит к определенному снижению эффективности системы, но гарантирует отсутствие конфликтов между устройствами.

Второй метод заключается в отказе от использования *ACPI* и *APIC,* но задействовании *IRQ Sharing.* Отказ от систем *ACPI* и *APIC* означает, что операционная система знает о наличии только 16 прерываний. Система *IRQ Sharing* позволит находиться на одном прерывании нескольким устройствам. При этом можно изменять распределение прерываний по усмотрению пользователя. Правда, компьютер больше не будет выключаться программно (его придется выключать кнопкой *«Power»)* и откажется поддерживать функции энергосбережения.

Третий метод — самый эффективный в смысле улучшения производительности, но требует определенных усилий пользователя. Суть метода в полном отказе от систем *ACPI* и *IRQ Sharing* и ручном распределении линий прерываний. Каждое устройство должно иметь отдельное прерывание и ни с кем не пересекаться. Неиспользуемые устройства отключаются от линий прерываний. При использовании данного метода половина компьютера может оказаться «в отключке», зато все остальное будет работать самым эффективным образом.

Предположительный список отключаемых устройств:

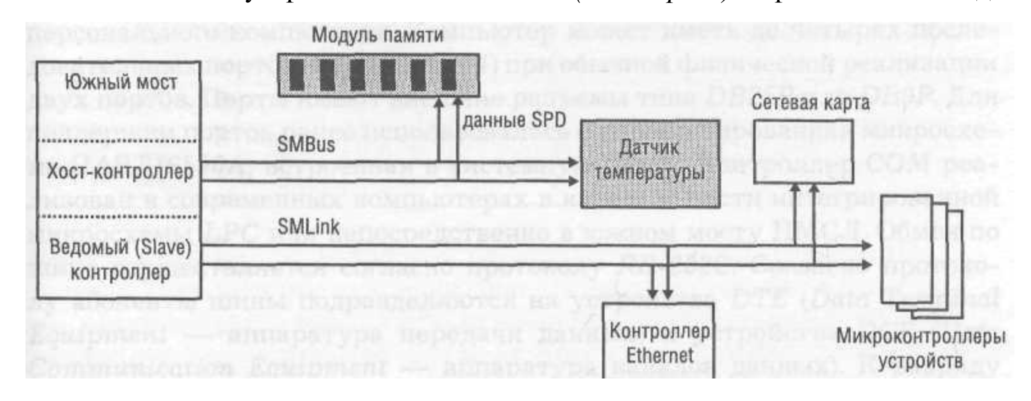
- *Midi Port Adress;*
- *Onboard Parallel Port* (если к нему не подключен принтер);
- *Onboard COM Port* (если порт не используется);
- *Onboard Audio* (если установлена отдельная звуковая карта);
- *Onboard LAN Control* (если компьютер не подключен к локальной сети);
- *USB Host Controller* (если нет устройств, подключенных к портам *USB);*
- *Onboard Serial ATA* (если нет дисков *SATA);*
- *Onboard ATA* (если установлены диски *SATA,* один канал *ATA* можно отключить, оставив второй для *CD/DVD* привода);
- *Onboard RAID* (если функция *RAID* не используется).

Шина SMBus

Интерфейс *System Management Bus* представляет собой двухпроводную низкоскоростную шину менеджмента устройств. Протоколы работы *SMBus* основаны на принципах технологии *I2C,* разработанной фирмой *Phillips.*

Суть архитектуры *SMBus* заключается в определении конфигурации аппаратных средств без привлечения других шинных интерфейсов. Хост-контроллер шины обычно встроен в южный мост НМСЛ. Например, контроллер шины *SMBus,* реализованный в микросхеме *Intel 82801DB I/O Controller Hub 4 (ICH4)* позволяет передавать и получать данные от компонентов, постоянно находящихся на шине. Эти сигналы используются исключительно хост-контроллером *SMBus* для менеджмента устройств.

Интерфейс *SMBus* позволяет процессору связываться с абонентами шины напрямую. Обычно в качестве абонентов выступают модули на шине памяти и устройства на шине *PCI (PCI Express).* Протокол *I2C* под-



Топология шины SMBus

держивает восемь типов команд: *Quick Command* (быстрые команды), *Send Byte/Receive Byte* (отправка/получение байта), *Write Byte/Word* (запись байта/слова), *Read Byte/Word* (чтение байта/слова), *Process Call* (вызов процедуры), *Block Read/Write* (блокировка чтения/записи), *Host Notify* (уведомление хост-контроллера).

В обмене участвуют два устройства: ведущее (хост-контроллер) и ведомое *(Slave)*. Каждое из этих устройств может выступать как в качестве передатчика, помещающего на линию информационные биты, так и в качестве приемника, в зависимости от типа обмена. Синхронизацию задает хост-контроллер, но линия данных поочередно управляется обоими устройствами, участвующими в обмене. Каждое ведомое устройство имеет свой адрес, который используется при инициализации обмена. Протокол *I2C* позволяет использовать одну шину многим устройствам, определяя коллизии и выполняя арбитраж. Если два передатчика пытаются установить на линии данных различные логические уровни сигналов, то приоритет получает тот, кто выставил низкий уровень. Передатчик следит за уровнями выставляемых им сигналов и при обнаружении коллизии отказывается от передачи, так как согласно протоколу устройство инициирует обмен только при пассивном состоянии сигналов. Коллизия возникает только при одновременной попытке начала обмена, но, как только конфликт обнаружен, он автоматически разрешается за счет отказа одного абонента от передачи.

Внешние интерфейсы

- Шина COM
- Интерфейс IrDA
- Шина LPT
- Шина USB
- Шина FireWire
- Порт Bluetooth

Разделение шинной архитектуры компьютера на внешние и внутренние компоненты весьма условное. Тем не менее, исторически сложилось так, что ряд интерфейсов считаются внешними, поскольку предназначены для подключения периферийных устройств. Хотя ничто не мешает использовать *SCSI* или *SATA* как для внешних, так и для внутренних устройств. Развитие беспроводных интерфейсов вообще размывает границу между внутренними, внешними и удаленными устройствами.

Шина COM

Последовательный асинхронный порт *COM {Communication Port* — коммуникационный порт) является одним из самых старых интерфейсов персонального компьютера. Компьютер может иметь до четырех последовательных портов *(COM1-COM4)* при обычной физической реализации двух портов. Порты имеют внешние разъемы типа *DB25P* или *DB9P.* Для поддержки портов ранее использовалась специализированная микросхема *UART16550A,* встроенная в системную плату. Контроллер *COM* реализован в современных компьютерах в качестве части интегрированной микросхемы *LPC* или непосредственно в южном мосту НМСЛ. Обмен по шине осуществляется согласно протоколу *RS-232C.* Согласно протоколу абоненты шины подразделяются на устройства *DTE (Data Terminal Equipment* — аппаратура передачи данных) и устройства *DCE (Data Communication Equipment* — аппаратура каналов данных). К разряду *DTE* относятся такие устройства, как принтер, плоттер, мышь и другая периферия. К разряду *DCE* относится модем.

Для управления потоком данных используются аппаратные или программные средства. Программный протокол *XON/XOFF* предполагает наличие двунаправленного канала передачи данных. Когда принимающее устройство готово к приему данных, оно посылает в линию символ *XON,* приняв который, противоположное устройство начинает передачу. Если устройство, принимающее данные, не готово их принять, оно по обратному последовательному каналу посылает символ *XOFF.* Противоположное устройство, приняв этот символ, приостанавливает передачу. Очевидно, что прием данных без потерь возможен только при наличии буфера в принимающем устройстве, объем которого обеспечивает сохранение данных на время реакции передатчика. Для реализации шины *COM* с программным протоколом достаточно всего трех линий.

В случае аппаратной реализации протокола *RTS/CTS* используется сигнал *CTS,* который позволяет остановить передачу данных, если приемник не готов к работе. Передатчик пересылает очередной байт только при включенном состоянии линии *CTS.* Аппаратный протокол обеспечивает быструю реакцию передатчика на состояние приемника. Однако в шине требуется наличие всех девяти линий, предусмотренных спецификацией *RS-232C.*

Таблица 11. Разъемы и сигналы интерфейса RS-232C

Контакт разъема DB-25S	Контакт разъема DB-9S	Сигнал
1	-	PG (защитное заземление)
2	3	TD (передаваемые данные)
3	2	RD (принимаемые данные)
4	7	RTS (запрос на передачу)
5	8	CTS (готовность к приему данных)
6	6	DSR (готовность к работе)
7	5	SG (схемное заземление)
8	1	DCD (несущая обнаружена)
20	4	DTR (готовность PC к работе)
22	9	RI (индикатор вызова)

На шине *COM* используются несимметричные передатчики и приемники: сигнал передается относительно общего провода (земли). Логической единице соответствует уровень напряжения на входе приемника в диапазоне -12...-3В). Логическому нулю соответствует уровень +3...+12В. Шина не имеет гальванической развязки с устройствами, поэтому подключение и отключение устройств должно происходить при обесточенной шине.

Гарантированный обмен данными обеспечивается по кабелю длиной 30 м и более, пиковая пропускная способность зависит от возможностей подключенных к линии устройств и достигает 115200 бит/с. В настоящее время интерфейс *RS-232* заменяется интерфейсом *USB* и во многих современных системных платах порт COM отсутствует.

Интерфейс IrDA

Инфракрасный интерфейс является частным случаем последовательной асинхронной шины *COM.* Применение излучателей и приемников инфракрасного диапазона позволяет осуществлять обмен данными между устройствами в зоне прямой видимости на удалении до нескольких метров. Начиная с 1993 г. ассоциация разработчиков систем инфракрасной передачи данных *(Infrared Data Association)* утвердила несколько спецификацийпротоколов:

- *IrDA SIR (Slow Infra Red)* — скорость до 115,2 Кбит/с;
- *IrDA MIR (Middle Infra Red)* — скорость до 1,2 Мбит/с;
- *IrDA FIR (Fast Infra Red)* — скорость до 4 Мбит/с;
- *Sharp ASK* — скорость до 57,6 Кбит/с.

Интерфейс *IrDA* имеет несколько уровней реализации: физический *(IrPHY),* соединения *(IrLAP),* мультиплексирования канала *(IrMP),* контроля потока *(ТгпуТР),* эмуляции шины *COM (IrCOMM).* Принцип работы и протоколы обмена данными полностью совпадают с асинхронным коммуникационным портом, все отличия сводятся к физической реализации магистрали обмена данными. На физическом уровне оптические сигналы рассматриваются приемником как логический ноль, период без импульса рассматривается как логическая единица. Сигналы организованы в структуры, когда каждый асинхронный байт содержит бит начала обмена, информационные биты и стоповый бит.

В системных платах инфракрасный порт обычно конфигурируется на порт *COM2.* В этом случае на передней панели компьютера монтируется внешний приемопередатчик ИК-диапазона. В настоящее время интерфейс *IrDA* заменяется беспроводным интерфейсом радиочастотного диапазона *Bluetooth.*

Шина LPT

После некоторого периода «подпольного» существования спецификации параллельного порта *LPT (Line PrinTer* — построчный принтер) были официально утверждены в 1994 г. под названием *«IEEE Std. 1284:* стандартный метод передачи сигналов двунаправленного параллельного периферийного интерфейса для персональных компьютеров».

Спецификация определяет пять режимов передачи данных. Каждый режим обеспечивает метод передачи данных в прямом направлении (от *PC* к периферии), обратном направлении (от периферии к *PC)* или двунаправленную передачу данных (полудуплекс). Определены следующие режимы:

- стандартный режим *SPP (Standard Parallel Port);*
- 4-битный режим, использующий линии состояния для передачи данных *(Nibble Mode);*
- 8-битный режим *(Bi-Directional* или *PS/2 Type 1);*
- двунаправленный *EPP (Enhanced Parallel Port* — расширенный параллельный порт);
- двунаправленный *ECP (Extended Capability Port* — порт с расширеннымивозможностями).

Все параллельные порты могут осуществлять двунаправленную связь, используя режимы *Centronics* и 4-битный. Режим *Bitronics* поддерживается лишь некоторыми контроллерами параллельного порта. Эти режимы используют только программное управление передачей данных посредством драйверов, которые устанавливают готовность, проверяют состояние линии, формируют соответствующие сигналы управления и переходят к передаче данных. Это ограничивает эффективную скорость передачи данных уровнем 100 Кбайт в секунду.

Режимы *EPP* и *ECP* поддерживаются практически всеми контроллерами порта *LPT* последнего поколения. В этих режимах для передачи данных используются аппаратные средства. Например, в режиме *EPP* байт данных передается простой инструкцией *OUT.* Контроллер ввода-вывода самостоятельно выполняет операции подтверждения связи и передачи данных.

Контроллер параллельного интерфейса представляет собой набор регистров, расположенных в стандартном пространстве ввода-вывода с типовыми адресами *3BCh, 378h* и *278h.* Порт *LPT* обычно использует линию запроса прерываний *IRQ7* или *IRQ5.* Шина *LPT* объединяет 8-битную магистраль передачи данных, 5-битную магистраль сигналов состояния и 4-битную магистраль управляющих сигналов. Электрический интерфейс *IEEE1284* предусматривает уровни сигналов до +5,5 В, длину кабеля до 10 метров, применение пар линий с импедансом 62 Ом, экранирование кабеля и заземление линий. В качестве разъема порта обычно используются 36-контактный *Centronics* или *DB-25.*

Цикл передачи данных по протоколу *Centronics* выглядит так:

- происходит запись данных в регистр данных;
- считывается регистр состояния, чтобы проверить принтер на занятость *(BUSY);*
- если принтер не занят, производится запись в регистр управления, чтобы установить линию *STROBE;*

- производится запись в регистр управления, чтобы сбросить линию *STROBE;*
- пересылается байт данных.

Таким образом, для вывода одного байта данных требуется четыре служебные операции. В результате полоса пропускания порта ограничена величиной примерно 150 Кбайт в секунду. Такой скорости было достаточно для матричных принтеров, но ее совершенно недостаточно для лазерных, струйных, сублимационных и других современных принтеров.

Согласно протоколу *EPP* обеспечивается четыре типа циклов обмена:

- цикл записи данных;
- цикл чтения данных;
- цикл записи адреса;
- цикл чтения адреса.

Главной отличительной чертой *EPP* является выполнение внешней передачи во время одного цикла ввода/вывода. Это позволяет достигать скоростей обмена до 2 Мбайт/с. Важным преимуществом *EPP* служит обращение процессора к периферийному устройству в режиме реального времени, без использования буферизации. Циклы чтения и записи могут чередоваться в произвольном порядке или идти блоками.

Протокол *ECP* обеспечивает два типа циклов:

- циклы записи и чтения данных;
- командные циклы записи и чтения.

Согласно протоколу *ECP* хост-адаптером осуществляется компрессия данных по методу *RLE,* буферизация *FIFO* для прямого и обратного каналов, применение каналов *DMA* и программного ввода-вывода. Канальная адресация *ECP* применяется для адресации множества логических устройств, входящих в одно физическое.

Как правило, режимы работы параллельного порта выбираются средствами *BIOS* и могут быть заданы в следующих вариантах:

- *SPP* — однонаправленный управляемый программно режим;
- *Bi-Directional* — режим с реверсом канала;
- *Fast Centronics* — аппаратное управление портом с использованием буфера *FIFO;*
- *EPP* — аппаратное управление портом с расширением цикла передачи;
- *ECP* — аппаратное управление портом с использованием сжатия данных, буферов *FIFO* и каналов *DMA;*
- *ECP+EPP* — автоматический выбор протокола устройством в зависимости от его возможностей.

В настоящее время возможностей порта *LPT* явно недостаточно для подключения высокоскоростных печатающих устройств и другой периферии. Поэтому в некоторых современных системных палатах параллельный порт *LPT* отсутствует или требует монтажа специальной планки.

Шина USB

Универсальная последовательная шина *(Universal Serial Bus)* разработана в качестве средства подключения к компьютеру периферийных устройств различного класса. Первая спецификация шины утверждена в 1996 г., в настоящее время действует спецификация версии *2.0,* описывающая расширенные возможности шины.

Архитектура интерфейса *USB* включает три категории компонентов:

- коммуникации;
- устройства;
- хост-контроллеры.

Коммуникации определяют топологию шины (модель соединения хост-контроллера и устройств), уровневую модель выполнения задач, потоковую модель обмена данными, изохронную модель обмена и разделяемых ресурсов шины. В категории устройств различают устройства-хабы (концентраторы), то есть компоненты, способные обеспечить дополнительные точки подключения, и функциональные устройства, которые являются конечным звеном топологии сети *USB.* Хост-контроллер (корневой концентратор) является ведущим компонентом интерфейса *USB,* обеспечивая все функции интерфейса.

К хост-контроллеру могут быть подключены либо функциональные устройства, либо концентраторы, для увеличения числа доступных портов. Допускается организация до пяти уровней топологии, что в сумме дает до 127 абонентов на шине.

Хост-контроллер следит за подключением и отключением устройств, организует управляющих потоков между *USB*-устройством и хостом, организует потоки данных между *USB*-устройством и хостом, контролирует состояние устройств и ведет статистику функционирования, снабжает подключенные устройства электропитанием. Многие функции контроллера *USB* возложены на операционную систему: адресация устройств и их конфигурирование, управление энергопотреблением, процессами передачи, устройствами на шине и самой шиной.

Концентратор (хаб) служит разветвителем шины, создавая дополнительные порты. Каждый хаб имеет один восходящий канал, предназначенный для подключения к имеющемуся в наличии свободному порту, и несколько нисходящих, к которым могут быть подключены или другие концентраторы, или конечные устройства. Хаб должен следить за подключением и отключением устройств, уведомляя хост об изменениях, управлять питанием портов.

Согласно спецификации *USB 2.0* в концентраторе может находиться три функциональных блока: контроллер, повторитель, транслятор транзакций. Контроллер отвечает за соединения с хостом. Обязанность повторителя — соединять входной и один из выходных каналов. Транслятор

транзакций потребовался для обеспечения совместимости с предыдущими версиями шины. Его суть в том, чтобы обеспечивать максимальную скорость соединения с хостом. Подключенное к высокоскоростному *(USB 2.0)* порту медленное *(USB 1.1)* устройство потребляет значительную часть ресурсов, ведя обмен с хостом на низкой скорости. Транслятор транзакций буферизирует поступающие с медленного порта кадры, а затем на максимальной скорости передает их хосту, и наоборот, буферизирует получаемые на максимальной скорости кадры от хоста, передавая его затем устройству *USB 1.1* на меньшей, приемлемой для него скорости. Помимо разветвления и трансляции транзакций хаб должен осуществлять конфигурирование портов и слежение за корректным функционированием подключенных к ним устройств.

Функциональное устройство с позиции контроллера *USB* — это конечная точка в топологии шины, с которой возможен обмен данными. Физическое устройство может содержать несколько точек. В обязательном порядке в устройстве присутствует точка с номером 0 (для контроля состояния устройства и управления им). До осуществления конфигурирования устройства через точку 0 остальные каналы недоступны. Каждая конечная точка устройства описывается следующими параметрами:

- частотой обращения к шине и требованиями к задержкам;
- требуемой полосой пропускания;
- номером конечной точки;
- требованиями к обработке ошибок;
- максимальным размером кадра, который может быть обработан;
- способом передачи данных;
- направлением передачи данных между конечной точкой и хостом.

Для низкоскоростных *(low-speed)* устройств допускается встраивание двух дополнительных точек, для полноскоростных *(full-speed)* устройств число точек ограничивается лишь возможностями протокола и теоретически достигает 15 для ввода и 15 для вывода.

Таким образом, конечная точка — это тупик логического канала данных между хостом и устройством. В свою очередь канал — это логическое соединение между хостом и устройством. Так как конечных точек устройства может быть несколько, то обмен данными между хост-контроллером и устройством на шине проходит в многоканальном режиме. Полоса пропускания шины делиться между всеми установленными каналами. Шина *USB* предоставляет каналы нескольких типов.

Каналы сообщений являются двунаправленными и служат для передачи сообщений, имеющих строго определенный формат, необходимый для обеспечения надежной идентификации. Канал устанавливается при отсылке хостом запроса в устройства, и управляет передачей только хост. Каналы сообщений используется для передач только управляющего типа.

Потоковые каналы являются однонаправленными. В отличие от четко определенных сообщений, они не имеют определенного формата, что означает возможность передачи данных любого типа. Эти сообщения могут контролироваться не только хостом, но и устройством. Используется для передачи данных типа: управляющие, прерывание, групповая пересылка, изохронная. Управляющие передачи используются для конфигурирования устройств во время подключения и выполнения других специфических функций, включая организацию новых каналов. Прерывания используются для спонтанных, но гарантированных передач с гарантированными скоростями и задержками (например, для приема данных от клавиатуры или сведений об изменении положения указателя мыши). Групповая пересылка используется для гарантированной передачи данных больших объемов без предъявленных требований к скорости и задержкам. Занимает всю свободную пропускную способность шины. Обычно такие передачи используется между принтерами, сканерами, накопителями. Изохронная передача используется для потоковых передач данных в реальном времени. Резервирует определенную полосу пропускания шины, гарантируя определенные величины задержек доставки, но не гарантирует доставку (в случае обнаружения ошибки повторной передачи не происходит). Передача этого вида используются для аудио и видеоданных.

Информация по шине *USB* передается пакетами четырех видов: маркерные, пакеты данных, подтверждения, специальные. Обмен данными по шине *USB* осуществляется в трех скоростных режимах:

- *Low Speed* (низкоскоростной режим) с пропускной способностью до 1,5 Мбит/с;
- *Full Speed* (полноскоростной режим) с пропускной способностью до 12 Мбит/с;
- *High Speed* (высокоскоростной режим) с пропускной способностью до 480 Мбит/с.

Обмен данными возможен только между хостом и устройством, и не допускается напрямую между устройствами на шине. Транзакции на шине *USB* состоят из двух-трех актов: посылки пакета маркера, определяющего, что будет следовать дальше (тип транзакции, адрес устройства и его конечную точку), пакета данных (опционально), и пакета статуса транзакции (для подтверждения нормального выполнения операции или сообщения об ошибке).

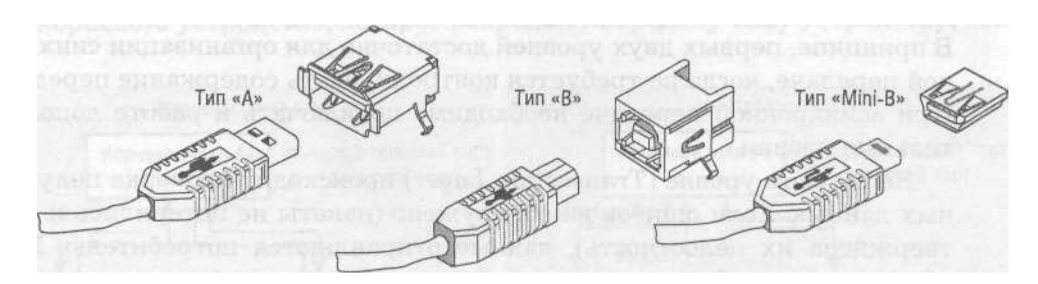
Физические каналы связи организуются концентраторами и кабелями. Кабель представляет собой экранированную витую пару. Всего в *USB-кабеле* используется 4 провода: два для передачи сигнала и два для подачи напряжения. Для подключения устройств предназначены соединители типа «А» и типа «В». Разъемы типа «А» используются для постоянного подключения к устройствам. Соединители типа «В» используются для ча-



Форматы кадров интерфейса USB 2.0

стого подключения периферии. Разъем *miniUSB* типа «В» предназначен для применения на малогабаритных устройствах (мобильные телефоны, фотоаппараты, плееры). Конструктивно разъемы сделаны так, что сначала происходит соединение шины питания, потом шины данных.

Электрический интерфейс *USB* использует дифференциальные сигналы, хотя каждый порт помимо дифференциального приемника имеет еще и линейные приемники. Подключаемые устройства, потребляющие небольшой ток (до 500 мА), могут быть запитаны от шины *USB*. Для увеличения доступной мощности питания на шине концентраторы могут оснащаться своим собственным блоком питания.



Форматы разъемов интерфейса USB 2.0

Шина FireWire

Официальная история последовательного интерфейса *IEEE1394* (известного так же под названиями *FireWire* или *i-Link)* началась с утверждения 12 декабря 1995 года документа, описывающего спецификацию *1394a*. Ведущую роль в разработке стандарта сыграла компания *Apple,* кото-

рая сразу же сделала ставку на использование этого интерфейса в своих компьютерах. Значительную поддержку интерфейсу *IEEE 1394* оказала индустрия бытовой электроники, внедрившая его в любительские видеокамеры формата *DV.* Сегодня любая *DV*-камера в обязательном порядке оснащается интерфейсом *i-Link.* В 2000 г. вышла версия протокола *1394а-2000,* а в 2004 г. утверждена версия *1394b.*

Архитектура интерфейса *IEEE1394* подразделяется на несколько уровней. На физическом уровне *(Physical Layer)* реализованы аппаратные компоненты, отвечающие за электрический интерфейс и управление физическим каналом. На этом уровне обеспечивается интерфейс организуются следующие процессы:

- интерфейс среды *(Media Interface),* отвечающий за состояние сигнала, передаваемого по кабелям;
- арбитраж *(Arbitration)* устройств;
- кодирование/декодирование *(Encode/Decode),* то есть перевод данных в электрические сигналы и наоборот.

На уровень выше физического расположен уровень канала *(Link Layer).* Здесь обрабатываются уже готовые пакеты данных. Именно этот уровень отвечает за пересылку данных и обеспечивает следующие процессы:

- прием пакетов *(Packet Receiver);*
- передача пакетов *(Packet Transmitter);*
- контроль циклов *(Cycle Control),* в составе которых проходят пакеты.

Физический и канальный уровни реализованы аппаратно. Они полностью отвечают за формирование сигнала из данных, формирование данных из сигнала, прием/передачу в нужное время и в нужное место. В принципе, первых двух уровней достаточно для организации синхронной передаче, когда не требуется контролировать содержание передачи. При асинхронной передаче необходимо подключать к работе дополнительные уровни.

На сетевом уровне *(Transaction Layer)* происходит проверка полученных данных. Если ошибок не обнаружено (пакеты не потерялись и подтверждена их целостность), данные отправляются потребителю. Если обнаружена ошибка, происходит возврат на физический уровень и повторение передачи.

Два любых устройства на шине *IEEE 1394* образуют между собой соединение типа точка-точка *(point-to-point).* Кроме того, интерфейс позволяет объединять множество таких устройств и соединений в одну логическую сеть. Для этого на физическом уровне *(physical layer)* допускается иметь больше одного физического интерфейса на одном устройстве.

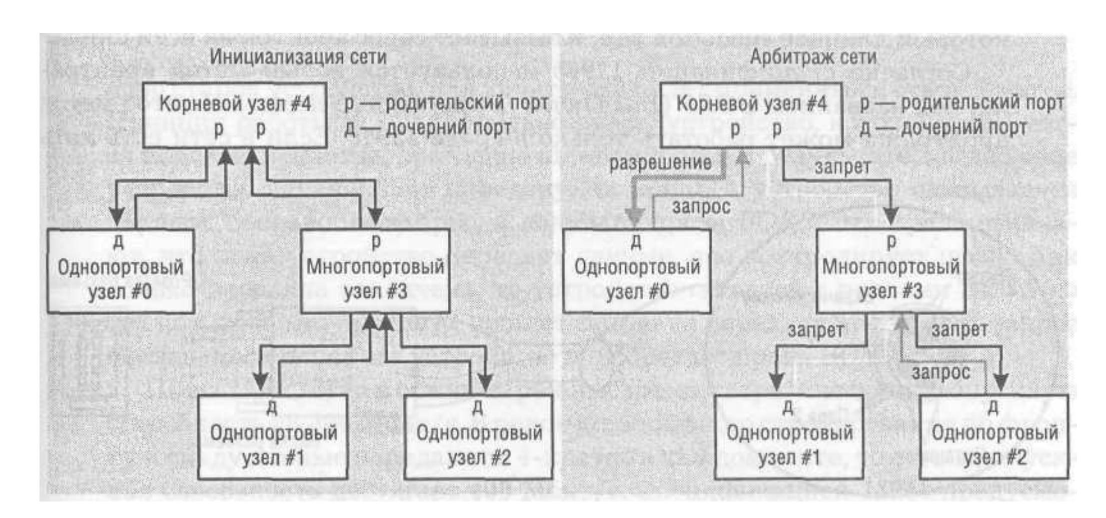
Работа интерфейса всякий раз начинается с прохождения сигнала сброса *(reset).* Причиной для сброса может стать включение питания или физическое изменение конфигурации сети (подключили новое устрой-

ство или отключили старое). Со сброса шины начинается процесс инициализации сети. Конфигурация, сформировавшаяся после инициализации, остается неизменной до следующего сброса шины.

На следующем этапе происходит идентификация дерева *(Tree identification).* Каждое устройство после включения проверяет, сколько подключенных портов оно имеет — один *(leaf)* или несколько (branch). Затем определяются родительские *(parent)* и дочерние *(child)* устройства (какое к какому подключено). На основе этих данных строится дерево и определяется корневое устройство для всего дерева.

Далее каждое из устройств получает свой собственный *ID-узел* внутри дерева и выясняет, на каких скоростях могут работать его соседи, то есть происходит самоидентификация *(Self identification).* Для адресации используется метод 64-битной прямой адресации (48 бит на узел, остальные 16 бит используются дли идентификации шины), что позволяет организовать иерархическую адресацию для 63 узлов на 1023 шинах. Единственное ограничение — между двумя общающимися устройствами должно быть не более 16 сегментов.

По завершении инициализации сети в действие вступает нормальный арбитраж: устройства обмениваются данными, а корневое устройство следит за тем, чтобы они друг другу не мешали. Устройство, которое хочет начать передачу, вначале посылает запрос своему родительскому устройству. Родительское устройство, получив запрос, запрещает передачу всем остальным дочерним абонентам (в один момент обрабатывается только один запрос) и, в свою очередь, передает запрос дальше, своему родительскому устройству, где все повторяется. В итоге запрос доходит до корневого устройства, которое разрешает передачу тому устройству, чей



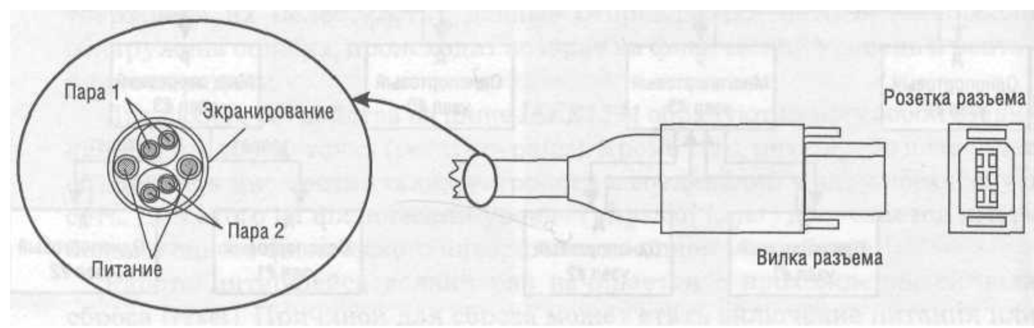
Принцип функционирования сети IEEE 13 94

запрос пришел первым. Всем остальным передача запрещается. Таким образом, если два устройства одновременно пошлют запрос на передачу данных, то ответ будет зависеть от того, чей запрос первым достигнет корневого устройства. Оно выигрывает арбитраж и получает право начать передачу. Проигравшее устройство, не получив разрешения на передачу, вынуждено ждать, пока шина освободится.

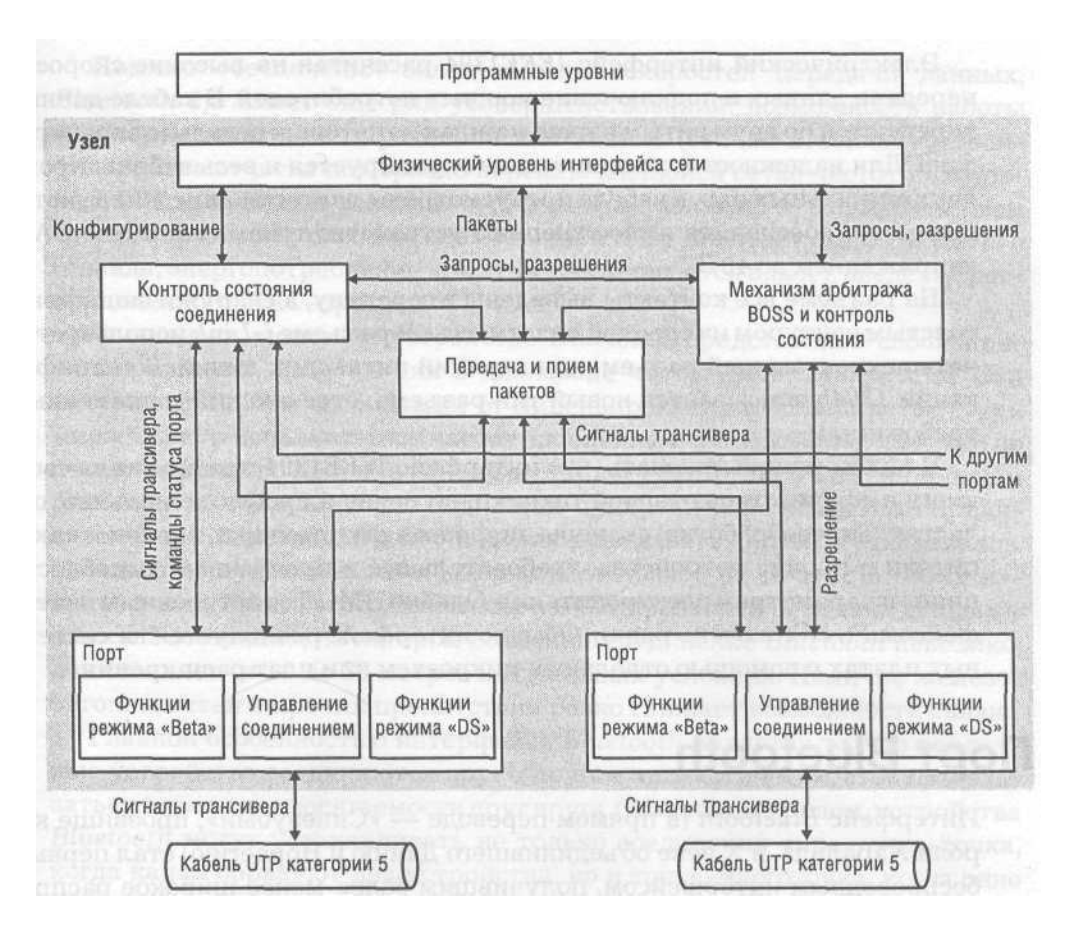
Процесс арбитража происходит на физическом уровне. После того, как разрешение на передачу данных получено, в дело вступает уровень канала *(link layer)*. Передача данных начинается с запроса готовности приемного устройства. Получив подтверждение готовности, передатчик начинает вещание. Данные идут пакетами, разделенными промежутками *(gap)*. Типичный пакет данных содержит 256 байт, или 2048 бит, из которых 160 бит приходится на заголовок. Таким образом, общая эффективность (то есть доля полезных данных) весьма высока. В заголовок пакета входит информация об отправителе, получателе и *CRC*. После пакета идет небольшой промежуток *(acknowledge gap)*, после чего получатель должен выслать 8-битовый блок данных, подтверждающий, что пакет получен в целости *(аск packet)*. Потом следует более длинный промежуток, разделяющий пакеты *(subaction gap)*. Далее цикл повторяется: пакет, *acknowledge дар,* подтверждающий байт *(аск), subaction gap.*

Для того чтобы исключить монопольное занятие шины одним устройством, введены специальные промежутки *(fairness interval),* в течение которых любое устройство на шине получает возможность передать свои данные. После того как разрешение получено (арбитраж выигран), и порция данных передана, устройство должно ждать начала следующего цикла, прежде чем оно вновь получит возможность передать следующую порцию данных. Заканчивается *fairness interval* так называемым *reset gap,* который длиннее *subaction gap,* и вызывает сброс арбитража всей шины.

Согласно спецификации *1394Ъ* используется новый метод арбитража под названием *BOSS (Bus Owner/Supervisor/Selector)*. Но этот метод арбитража может работать только в среде *1394Ъ*. Если в сети есть хоть



Кабель и разъем интерфейса IEEE1394a



Функциональная схема узла сети IEEE1394Ъ

одно старое устройство, для арбитража будет применяться старый метод. Принцип работы *BOSS* предельно прост: устройство, которому требуется переслать данные, постоянно шлет запросы. В результате, когда некое устройство заканчивает передачу, то ждущее устройство оказывается первым, пославшим запрос, и получает права *BOSS*. Эти права означают, что пока устройство передает данные, оно контролирует шину. Как только передача закончена, то устройство остается с правами *BOSS* до тех пор, пока кто-то еще не пошлет запрос на передачу. Как только запрос послан, пославшее его устройство приобретает права *BOSS*.

Шина *IEEE1394a* в обычном режиме имеет теоретическую пропускную способность 98,304 Мбит/с. В режиме синфазного стробирования по фронту и спаду данные передаются 4-кратно в каждом такте, то есть пропускная способность достигает 400 Мбит/с. Спецификацией *1394b* предусмотрено увеличение пропускной способности до 800 Мбит/с.

Электрический интерфейс *IEEE1394* рассчитан на высокие скорости передачи данных и подключение мощных потребителей. В кабеле данные передаются по двум витым парам, каждая из которых отдельно экранирована. Для надежности дополнительно экранируется и весь кабель. Кроме двух сигнальных пар, в кабеле предусмотрены две питающие жилы, которые могут обеспечить любое внешнее устройство током силой до 1,5 А и напряжением до 40 В.

На разъеме все контакты выведены в середину, а снаружи защищены толстым контуром из твердой пластмассы. В разъеме *i-Link* используется четырехконтактный разъем, не имеющий питающих линий. В спецификации *1394b* описывается новый тип разъема, отвечающий современным требованиям.

В целом можно признать, что интерфейс *IEEE1394* прочно занял свою нишу в сфере компьютерной техники, особенно в профессиональных областях: видеообработка, сканеры, цифровая фототехника, внешние накопители и прочие устройства, требовательные к пропускной способности шины и параметрам электропитания. Однако НМСЛ со встроенным интерфейсом *FireWire* очень редки. Обычно интерфейс реализуется на системных платах с помощью отдельных микросхем или плат расширения.

Порт Bluetooth

Интерфейс *Bluetooth* (в прямом переводе — «Синезубый», прозвище короля Харальда, в X веке объединившего Данию и Норвегию) стал первым беспроводным интерфейсом, получившим более-менее широкое распространение в персональных компьютерах. Он оказался удобен для подключения периферии с низкими требованиями к скорости обмена данными (клавиатура, мышь), а также внешних «околокомпьютерных» устройств вроде КПК или мобильных телефонов.

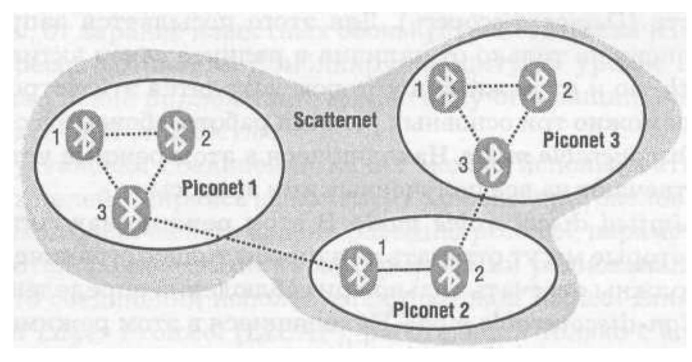
Разработка интерфейса началась в 1998 г. усилиями консорциума *Bluetooth Special Interest Group Promoters* в составе компаний *Nokia, Ericsson, IBM, Intel* и *Toshiba.* К настоящему времени консорциумом утверждены спецификации *1.0.B* (1999 г.) и *2.0 EDR* (2004 г.). В соответствии с первой версией спецификации, пропускная способность канала *Bluetooth в* асинхронном режиме не превышает 720 Кбит/с, а в синхронном режиме и того меньше — порядка 400 Кбит/с. Такие показатели считаются мизерными для локальных вычислительных сетей, но их вполне достаточно для низкоскоростной периферии.

Версия *Bluetooth 2.0 EDR* обеспечивает пропускную способность до 12 Мбит/с, что в точности совпадает с возможностями первой версии шины *USB.* Как показывает практика, канала 12 Мбит/с уже хватает для обслуживания принтеров, сканеров, фотоаппаратов бытового класса.

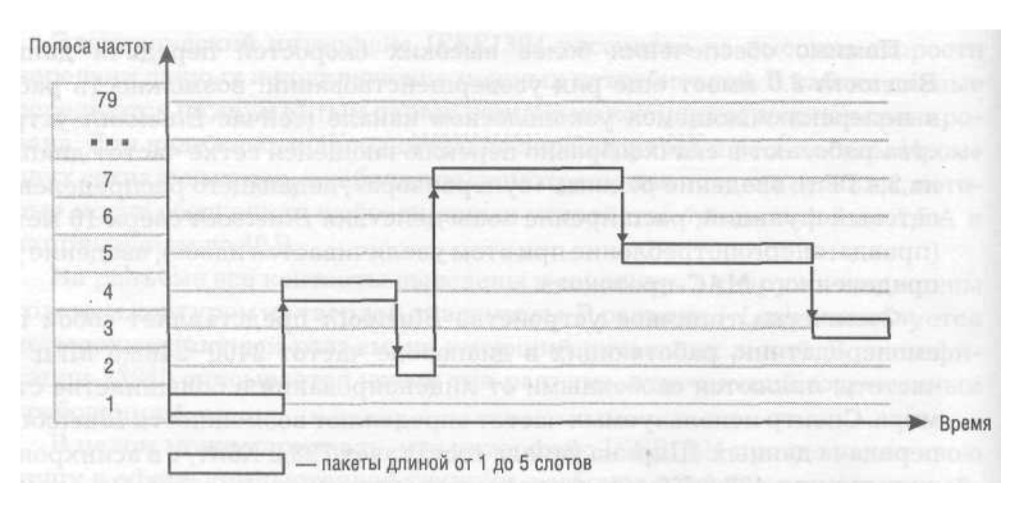
Помимо обеспечения более высоких скоростей передачи данных, *Bluetooth 2.0* имеет еще ряд усовершенствований: возможность работы в непереключающемся узкополосном канале (сейчас *Bluetooth-устройства* работают в скачкообразно переключающейся сетке частот диапазона 2,4 ГГц); введение режима «супервизора», ведающего распределением сетевых функций; расширение зоны действия *Bluetooth* сверх 10 метров (правда, энергопотребление при этом увеличивается вдвое); введение распределенного *MAC*-протокола.

Физически типичное устройство *Bluetooth* представляет собой приемопередатчик, работающих в диапазоне частот 2400—2483,5 МГц. Эти частоты являются свободными от лицензирования в большинстве стран мира. Спектр используемых частот определяют возможности *Bluetooth* по передаче данных. Ширина канала составляет 723,2 Кбит/с в асинхронном режиме или 433,9 Кбит/с в полностью синхронном режиме. Вместо данных через соединение *Bluetooth* можно передавать до трех аудиоканалов. Каждый из аудиоканалов поддерживает полосу 64 Кбит/с в обоих направлениях. Кроме этого, возможна комбинированная передача данных и голоса. Расстояние, на котором возможно соединение *Bluetooth* невелико, и составляет от 10 до 30 метров в идеальных условиях. Наличие железобетонных стен и прочих препятствий резко снижает возможности связи.

Главной особенностью интерфейса *Bluetooth* является то, что различные устройства соединяются друг с другом автоматически, стоит им оказаться в пределах досягаемости друг друга. Оказавшись рядом, устройства *Bluetooth* могут устанавливать не только соединения типа точка-точка, когда канал образуют два устройства, но и точка-многоточка, когда одно устройство одновременно работает с несколькими другими. Традиционно устройство, которое обслуживает несколько соединений, называется *Master* (ведущее), а подключенные устройства *Slave* (ведомые). К одному ведущему устройству можно подключить до семи ведомых. Такая топология сети называется *Piconet* (пикосеть).



Топология сетей Bluetooth



Технология смены частоты интерфейса Bluetooth

В одной пикосети может быть только одно ведущее устройство, однако каждое ведомое устройство может одновременно являться ведущим для других устройств и образовывать свою пикосеть. Несколько пикосетей, объединенных таким способом, образуют *Scatternet.* Однако «падение» одного ведущего устройства (отключение, выход за пределы действия, сбой) вызывает падение всей пикосети или *Scatternet.*

Обязательным условиям объединения пикосетей в сеть *Scatternet* служит использование разных каналов связи, то есть работа на различных частотах и с различными параметрами *Hopping channel. Hopping* — это технология регулярной смены частот, определяемая параметрами *Hopping sequence.* Спецификация предусматривает 10 различных алгоритмов *Hopping sequence.* Технология *Hopping* предназначена для борьбы с затуханием радиосигнала и интерференцией соседних каналов.

Автоматическая установка соединения между устройствами *Bluetooth* находящимися в пределах досягаемости, начинается с поиска других устройств *(Device discovery).* Для этого посылается запрос, и ответ на него зависит не только от наличия в радиусе связи активных устройств *Bluetooth,* но и от режима в котором находятся эти устройства. На этом этапе возможно три основных режима работы абонентов сети:

- *Discoverable mode.* Находящиеся в этом режиме устройства всегда отвечают на все полученные ими запросы;
- *Limited discoverable mode.* В этом режиме находятся устройства, которые могут отвечать на запросы только ограниченное время или должны отвечать только при соблюдении определенных условий;
- *Non-discoverable mode.* Находящиеся в этом режиме устройства не отвечают на новые запросы.

Если процесс обнаружения абонентов прошел нормально, то новое устройство *Bluetooth* получает набор адресов доступных устройств, и за этим следует операция *Device name discovery,* когда новое устройство выясняет имена всех доступных *Bluetooth-устройств* в сети. Каждое устройство *Bluetooth* должно иметь свой уникальный адрес, но на уровне пользователя обычно используется имя устройства, которое не обязано быть уникальным.

Еще одной из важных особенностей интерфейса *Bluetooth* является автоматическое подключение устройств *Bluetooth* к службам, предоставляемым другими устройствами. Поэтому, после выяснения списка имен и адресов выполняется поиск доступных услуг, предоставляемых абонентами сети. Получение или предоставление каких-либо услуг происходит согласно протоколу *Service Discovery Protocol (SDP).*

Учитывая открытость сети, в интерфейсе *Bluetooth* уделено определенное внимание технологии защиты передаваемых данных. В зависимости от выполняемых задач, предусмотренно три режима защиты:

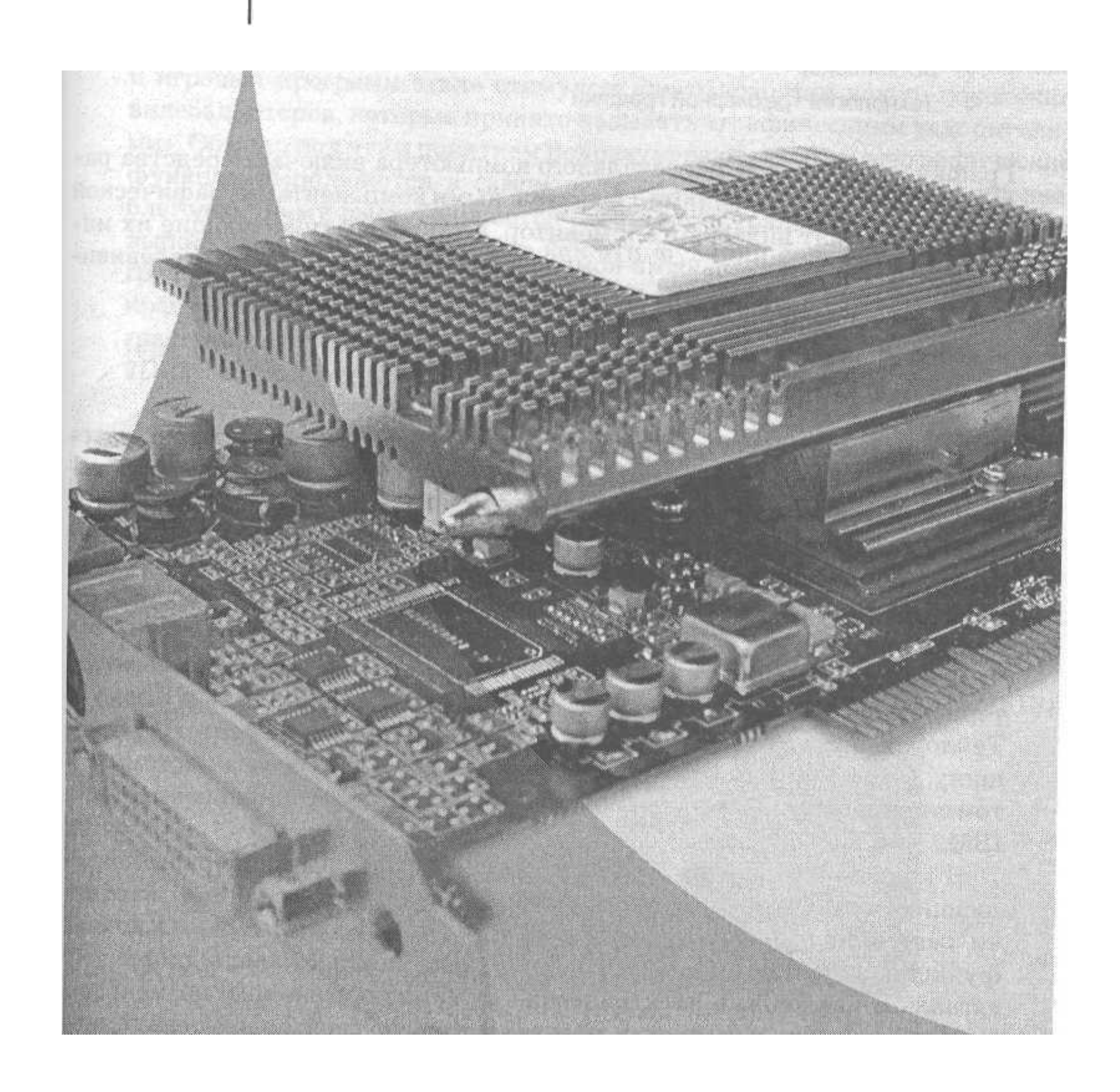
- *Security mode 1 (non secure),* когда устройство не может самостоятельно инициировать процедуры защиты;
- *Security mode 2 (service level enforced security),* когда устройство не инициирует защитные процедуры, пока не установлено и не настроено соединение. После того как соединение установлено, процедуры защиты обязательны и определяются типом и требованиями используемых служб;
- *Security mode 3 (link level enforced security),* когда защитные процедуры инициируются в процессе установления и настройки соединения. Если удаленное устройство не отвечает требованиям защиты, то соединение не устанавливается.

Основой системы безопасности интерфейса *Bluetooth* является сеансовый ключ *(Bond).* Сеансовый ключ генерируется в процессе соединения двух устройств и используется для идентификации и шифрования передаваемых данных. Для генерации ключа применяются самые различные параметры, от заранее известных обоим устройствам значений, до физических адресов устройств. Комбинируя защиту на уровне соединения с защитой на уровне приложений, можно получить защищенные соединения с достаточной стойкостью.

После установки соединения канал можно использовать для самых различных целей, опираясь на комплект базовых протоколов. В основе лежит протокол физического уровня *Baseband protocol,* параметры которого определяются физическими характеристиками радиоканала. На уровне логического соединения используется протокол *Logical Link Control and Adaptation Layer Protocol (L2CAP),* работающий только с асинхронными соединениями. Прочие протоколы и службы более высокого уровня ис-

пользуют *L2CAP* как транспортный протокол. *L2CAP* оопределяет, к какому протоколу или службе относится переданный пакет, что обеспечивает доставку пакета нужному абоненту. Кроме *L2CAP* на уровне канала работают *Link Management Protocol (LMP)* и голосовые каналы, используемые для передачи аудиоинформации в синхронном режиме. *LMP* относится к служебным протоколам, обслуживающим настройку физических характеристик канала, службы безопасности и тому подобные потребности. На более высоких уровнях используются стандартные драйвера и приложения операционной системы. То есть в приложениях устройства и сеть *Bluetooth* видны как обычные компоненты и сетевые службы.

ГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА



Графические технологии

- Видеокарта
- Программные интерфейсы
- 3D-конвейер
- Технологии трехмерной графики

Графическая система персонального компьютера включает средства работы с видеоизображениями. Обязательными компонентами графической системы служат видеокарта и монитор, а также обслуживающие их интерфейсы. Дополнительными компонентами часто выступают телевизионный тюнер, карта видеозахвата, проектор и другие устройства.

Видеокарта

Начальный этап развития компьютеров характерен отсутствием интерактивных устройств отображения информации. Тогда результаты вычислений получали в виде дырок в перфокарте или распечаток на бумаге. В 1951 г. американская ЭВМ *Whirlwind* впервые в мире получила интерактивное устройство вывода информации — «световую пушку», то есть электронно-лучевую трубку, позволяющую оператору считывать данные прямо с экрана.

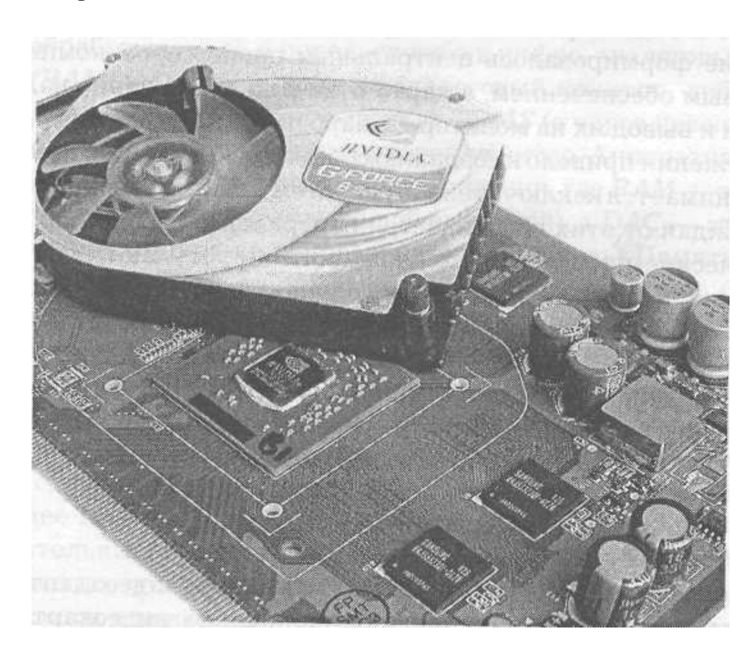
В середине 1960-х годов начался период бурного развития компьютерной графики. В 1964 г. под руководством Тирбера Мофетта и Нормана Тейлора фирма *Itek* разработала цифровую электронную чертежную машину. В том же году компания *General Motors* представила систему автоматизированного проектирования *DAC-1,* разработанную совместно с *IBM.*

В конце 1970-х годов появились первые растровые дисплеи, позволившие отображать цветное изображение. Формированием картинки занимались специальные устройства — видеоадаптеры. Основная функция видеоадаптера — преобразование компьютерного цифрового сигнала в аналоговые электрические сигналы, подаваемые на монитор. Знаменательным событием в развитии графической подсистемы стало

создание в 1977 г. компанией *Apple* персонального компьютера *Apple-U,* имеющего графический адаптер и цветной монитор. В 1984 г. персональный компьютер *Apple Macintosh* получил операционную систему с графическим интерфейсом пользователя. Хотя первоначально областью применения ПК были не графические приложения, а работа с текстовыми процессорами и электронными таблицами, к концу 1980-х годов программное обеспечение уже имелось для всех сфер компьютерной графики: от игр до графических редакторов и настольных издательских систем.

Графические ускорители

Бурное развитие и внедрение в качестве стандарта де-факто графического пользовательского интерфейса операционных систем, прикладных и игровых программ стало стимулом для разработки нового поколения видеоадаптеров, которые принято называть «графическими ускорителями». Обычно под этим понятием подразумевают, что многие графические функции выполняются в самом видеоадаптере на аппаратном уровне, благодаря чему высвобождаются ресурсы центрального процессора для выполнения других задач. Так как эти функции связаны с рисованием графических примитивов (линий, дуг, окружностей и прочих фигур), закраской цветом участков изображения, то есть с обработкой «плоской» графики в двух измерениях, то такие ускорители получили обозначение *2D*-видеоадаптеров.



Современный графический ускоритель с GPU

Трехмерные ускорители (*3D*-видеоадаптеры) из разряда экзотического профессионального «железа» перешли в массовый сектор благодаря опять же новым программам, прежде всего игровым, потребовавшим обсчета и построения проекций трехмерных (объемных) объектов на экране монитора в режиме реального времени. Поначалу *3D*-ускорители выпускались в виде отдельных плат расширения (здесь фактическим монополистом был графический ускоритель *Voodoo Graphics* фирмы *3Dfx),* работавших параллельно с *2D*-видеоадаптером. Сейчас выпускаются комбинированные *2D/3D* устройства, реализованные в одной микросхеме или на единой плате видеоускорителя.

Устройство видеоадаптера

Функционально видеоадаптер состоит из нескольких блоков:

- графический процессор;
- видео *BIOS;*
- видеопамять;
- цифро-аналоговый преобразователь *(RAMDAC)* и цифровой видеовыход *TMDS+DVI;*
- интерфейсы сопряжения с чипсетом системной платы;
- аналоговые элементы.

Графический процессор

Первые компьютерные видеокарты имели лишь кадровый буфер: изображение формировалось центральным процессором компьютера и программным обеспечением, а карта отвечала за хранение кадров в буфере памяти и вывод их на монитор. Однако повышение требований к качеству изображения привело к созданию специализированного процессора, который занимается исключительно расчетом и формированием изображения, освобождая от этих обязанностей центральный процессор. Современные графические процессоры по сложности не уступают центральным процессорам, и более того, во многих случаях в них используют технологии, опережающие применяемые в центральных процессорах.

Как и центральные процессоры, графические процессоры характеризуются внутренней архитектурой, рабочей частотой графического ядра, технологическими нормами, по которым изготовлена микросхема. Более подробно об устройстве и работе графического процессора рассказано ниже.

Видео BIOS

В микросхеме *BIOS,* установленной на плате видеоадаптера, хранятся программы, обеспечивающие инициализацию видеокарты, поддержку простейшего интерфейса пользователя (например, шрифты для *DOS*-режима), базовые компоненты драйвера и прочие необходимые элементы.

Видеопамять

Важную роль в повышении производительности видеоадаптера играют характеристики видеопамяти, определяемые ее типом, частотой работы, величиной задержек, шириной шины памяти. Центральный процессор компьютера направляет данные в видеопамять, а графический процессор видеокарты считывает оттуда информацию. Кроме того, в видеопамяти хранится кадровый буфер и промежуточные данные, потребные графическому процессору. Современные видеокарты категории *High-End* оснащают памятью типа *Graphics DDR3* объемом до 512 Мбайт, с рабочей частотой до 1300 МГц, шиной разрядностью 128-256 бит. Средние значения задержек видеопамяти *DDR* на массовых видеокартах составляют около 4 нс, а у лучших образцов они достигают 1,6 нс. Объем видеопамяти, установленной на карте, важен в первую очередь для обработки трехмерных изображений с текстурами в высоком разрешении при большой глубине цвета. Ведь для плоской графики достаточно 32 Мбайт видеопамяти, что обеспечивает работу с разрешением 1600x1200 пикселов при 32-битном цвете. Однако 32 Мбайт будет недостаточно для вывода трехмерных изображений в том же разрешении, поскольку в видеопамять при этом загружается огромный объем дополнительной информации, прежде всего текстуры.

RAMDAC

Графический процессор, получив информацию об изображении из видеопамяти, обрабатывает ее и передает либо в цифро-аналоговый преобразователь *(RAMDAC)* для вывода на аналоговый монитор, либо в микросхему формирования цифрового сигнала *TDMS* (а через нее на цифровой видеовыход *DVI)* для вывода на цифровой монитор. Аппаратная структура *RAMDAC* практически описана в его названии, где *RAM* — это *Random Access Memory* (память с произвольной выборкой), а *DAC* — это *Digital to Analog Converter* (цифро-аналоговый преобразователь). Память в модулях *RAMDAC* построена на статических элементах, поэтому по быстродействию примерно соответствует кэш-памяти процессоров. *DAC* на самом деле объединяет три параллельных канала, по одному на каждый цвет.

Один из первых *RAMDAC* был разработан фирмой *IBM* в 1985 г. и обеспечивал вывод изображения с разрешением 320x200 точек при цветовом охвате 8 бит. В дальнейшем схемотехника *RAMDAC* быстро развивалась, и сегодня стандартным считается *RAMDAC,* обеспечивающий разрешение не менее 1600x1200 точек при 32-битном цвете на частоте 85 Гц и более. Обязательным стало требование поддержки режима *Direct Color,* то есть прямого доступа к элементам *DAC.* Это позволяет создавать независимые таблицы для каждого из трех основных цветов и, тем самым, компенсировать цветовые искажения, вносимые электронной частью монитора. Такой эффект «правки» цвета получил название гамма-коррекции.

Качество получаемого изображения в решающей степени зависит от таких характеристик *RAMDAC,* как его частота, разрядность, время переключения с черного сигнала на белый и обратно, варианта исполнения (внешний или внутренний). Частота *RAMDAC* говорит о том, какое максимальное разрешение при какой частоте кадровой развертки сможет поддерживать видеоадаптер. Например, при разрешении 1024x768 точек и частоте кадровой развертки 70 Гц выводить единичный пиксел (с учетом времени на обратный ход луча по горизонтали и вертикали) необходимо примерно за 13 нс. Следовательно, в этом режиме *RAMDAC* должен поддерживать собственную частоту около 75 МГц. Современными можно считать *RAMDAC* с частотой не ниже 170 МГц.

Разрядность *RAMDAC* говорит о том, какое количество цветов способен воспроизвести видеоадаптер. Большинство микросхем поддерживает представление 8 бит на каждый канал цвета, что обеспечивает отображение около 16,7 миллиона цветов. За счет гамма-коррекции исходное цветовое пространство расширяется еще больше. В последнее время появились *RAMDAC* с разрядностью 10 бит по каждому каналу, охватывающие более миллиарда цветов.

Не афишируемым (а зачастую и замалчиваемым производителями) параметром *RAMDAC* является время переключения *(Slew Rate).* Это время, в течение которого электронный луч пушки кинескопа включается, достигает максимальной яркости на отдельном пикселе и выключается (переключение черного сигнала на белый — белый пиксел на черном фоне) и наоборот (черный пиксел на белом фоне). При установке параметров монитора в режим высокого разрешения при высокой частоте кадровой развертки случается, что не успевший полностью погаснуть луч уже переводится на следующий пиксел (или не достигший требуемой яркости луч перескакивает дальше). В результате соседний пиксел уже задействован, а предыдущий еще не «остыл», поэтому его цвет как бы размазывается на соседние элементы. Такой эффект с чьей-то легкой руки получил название «замыливание» и встречается, к сожалению, частенько. При этом у *RAMDAC* с меньшей частотой параметр *Slew Rate* может быть лучше, чем у высокочастотных собратьев.

Следует обратить внимание на то, как именно выполнен модуль *RAMDAC* на видеокарте — внутренним или внешним. Обычно в массовых изделиях он совмещен на одном кристалле с видеоконтроллером. Понятно, что соседство с другими интенсивно работающими контурами кристалла не идет на пользу и влияет на стабильность работы *RAMDAC,* в том числе и на показатель *Slew Rate.*

Многие современные видеокарты поддерживают одновременную работу с двумя мониторами, поэтому в такие карты устанавливаются по два *RAMDAC* и, соответственно, по два разъема для подключения монитора.

В подавляющем большинстве видеокарт имеется также выход на телевизор (TV-Out), позволяющий просматривать мультимедийные программы или фильмы на телевизионном экране. Телевизионный сигнал обычно формируется отдельной специализированной микросхемой, получающей данные от *RAMDAC.*

Преимущество цифрового интерфейса перед *RAMDAC* заключается в одном: при выводе изображения не осуществляются цифро-аналоговые преобразования изначально цифрового сигнала, что теоретически обеспечивает лучшее качество. На практике разница незаметна: современные видеоадаптеры выдают идеальную картинку и на аналоговые, и на цифровые устройства.

Интерфейс

Интерфейс видеокарты обеспечивает сопряжение с другими компонентами компьютера. Первоначально для установки видеоадаптера использовалась шина *ISA,* несколько позже специализированная шина *VESA Local Bus (VLB),* в дальнейшем универсальная шина *PCI.* Рост производительности видеоадаптеров потребовал разработки и внедрения специализированного интерфейса *AGP (Accelerated Graphic Port* —ускоренный графический порт), который обеспечил приоритетный доступ видеоадаптера к системной памяти и пиковую пропускную способность шины 2133 Мбайт/с (версия *AGP8X).* Очередным этапом в развитии видеоадаптеров стал переход на последовательный интерфейс *PCI Express.* Сейчас для подключения графических карт используется версия *PCI Express xl6* с пиковой пропускной способностью шины 4000 Мбайт/с в обоих направлениях.

Аналоговые элементы

Аналоговые компоненты видеокарты обеспечивают стабильное питание микросхем и формирование сигналов нужной формы на аналоговых выходах (на монитор и телевизор). Видеокарты высокой производительности потребляют много энергии, зачастую больше 75 Вт (максимальной мощности, поддерживаемой интерфейсом *PCI Express).* Цепи питания шины *AGP* или шины *PCI Express* такую мощность обеспечить не могут. Поэтому видеокарты высокой производительности часто снабжают дополнительным разъемом, подключаемым непосредственно к блоку питания компьютера.

Аналоговые сигналы на выходах к монитору и телевизору требуют согласования по емкости и сопротивлению с приемниками, а также защиты от помех. Для этого используют тщательно рассчитанные *RC*-цепи. Качество выходных сигналов видеокарты в значительной мере определяется качеством используемых аналоговых компонентов, технологическим совершенством печатной платы и методами пайки элементов.

Технология SLI

Аббревиатура *SLI* расшифровывается как *Scalable Link Interface* (масштабируемый соединительный интерфейс). Технология *nVidia SLI* требует наличия двух одинаковых видеокарт с поддержкой *SLI,* системной платы, также поддерживающей *SLI,* переходника *MIO,* связывающего видеокарты, драйвера *ForceWare* соответствующей версии. На момент написания книги технологию *SLI* поддерживали видеокарты семейств *nVidia GeForce 6800* и *6600GT* и системные платы с чипсетами *nVidia nForce4 SLI* (для процессоров *AMD Athlon 64), Intel 7525* (для процессоров *Xeon)* и *nForce4 SLI Intel Edition* (для процессоров *Pentium 4).*

Технология *SLI* поддерживает два режима работы пары видеокарт: *Split Frame Rendering (SFR)* и *Alternate Frame Rendering (AFR).* Для запуска устаревших игр предусмотрен режим совместимости, когда задействуется лишь одна графическая карта. В режиме *Split Frame Rendering (SFR)* происходит разделение кадра на две части, за рендеринг каждой из которых отвечает отдельный видеоадаптер. При этом кадр разделяется динамически в зависимости от сложности сцены. Такой режим позволяет добиться максимальной производительности, так как нагрузка на каждую карту распределяется равномерно. Метод разделения называется *Symmetric Multi-Rendering with Dynamic Load Balancing (SMR),* то есть симметричный мультирендеринг с динамическим распределением нагрузки. В режиме *Alternate Frame Rendering (AFR)* происходит поочередный рендеринг кадров каждым видеоадаптером.

Учитывая высокую пропускную способность интерфейса *PCI Express,* можно было ограничиться передачей данных по этой шине, однако с целью минимизировать возможные задержки видеокарты *SLI* оснащаются интерфейсом *MIO.* Когда карты установлены в системную плату, оснащенную двумя слотами *PCI Express xl6,* их требуется соединить специальным переходником - небольшой текстолитовой платой, оснащенной двумя разъемами соответствующего типа. Для включения режима *SLI* и его корректной работы необходимо два условия: оба слота *PCI Express xl6* должны поддерживать конфигурацию «16 линий + 8 линий», либо конфигурацию «8 линий + 8 линий»; чипсет должен поддерживаться драйверами *ForceWare.* В случае успешного запуска конфигурация *SLI* демонстрирует повышение производительности в некоторых играх до 80%.

Программные интерфейсы

Поскольку сердцем современного видеоадаптера является графический процессор, имеющий собственную систему команд, эффективное использование возможностей *3D*-ускорителя подразумевает понимание такой

системы команд прикладными программами. Однако при широкой номенклатуре графических процессоров нельзя написать программу, которая бы одинаково эффективно работала с любой системой команд любого графического процессора. Поэтому и разработчики программ, и создатели графических процессоров нуждаются в универсальной «прокладке», обеспечивающей преобразование запросов программы в последовательность команд *3D*-ускорителя и программную реализацию отсутствующих в графическом процессоре аппаратных блоков.

Роль такой «прокладки» играют специализированные прикладные программные библиотеки, или интерфейсы прикладного программирования (API — *Application Program Interface*). Использование *API* позволяет разработчикам программ делать их универсальными, абстрагируясь от низкоуровневых команд конкретного графического процессора. В настоящее время подавляющее большинство прикладных программ, работающих с трехмерными объектами, опираются на одну из двух типовых библиотек — *OpenGL или DirectX.*

OpenGL

В 1982 г. фирма *Silicon Graphics* в рабочей станции *Silicon IRIS* реализовала конвейер рендеринга, опирающийся на систему команд графической библиотеки *IRIS GL.* На основе библиотеки *IRIS GL* в 1992 г. был разработан и утвержден графический стандарт *OpenGL (Open Graphics Library* — открытая графическая библиотека). Программы, написанные с помощью *OpenGL,* можно переносить практически на любые платформы, будь то персональный компьютер или графическая станция, получая при этом одинаковый результат.

Базовый набор *OpenGL* включает в себя около 150 различных команд, с помощью которых реализуют основные функции: определение объектов, указание их местоположения в трехмерном пространстве, установку других параметров (поворот, масштаб), изменение свойств объектов (цвет, текстура, материал), положение наблюдателя.

Дополнительные библиотеки *OpenGL* (расширения) реализуют функции, отсутствующие в стандартной библиотеке. Например, библиотека *GLAUX* разработана фирмой *Microsoft* для применения *OpenGL* в операционной среде *Windows.* Разработчики видеодаптеров создают собственные расширения *OpenGL,* учитывающие возможности конкретного графического процессора.

DirectX

Пока в природе не существовало *API DirectX,* большинство графических программ для персональных компьютеров работали под управлением операционной системы *MS-DOS* или напрямую с видеокартой. Разработчики

программного обеспечения были вынуждены создавать различные драйверы для каждой разновидности видеоадаптеров, джойстиков, звуковых карт.

В 1995 г. компания *Microsoft* представила первую версию библиотеки *DirectX* (тогда она называлась *Game SDK).* В 2004 г. вышла девятая версия *DirectX* (реально выпущено восемь версий, по каким-то причинам *Microsoft* пропустила четвертую версию). *DirectX* — это корпоративный стандарт, все права на который принадлежат компании *Microsoft.* И только *Microsoft* определяет, что включать в очередную версию *API,* а какие предложения игнорировать. Такой диктаторский подход позволил быстро привести к «единому знаменателю» игры и графические процессоры, избавил пользователей от большинства проблем с совместимостью программ и железа. С недавних пор и программы, и видеоадаптеры принято даже разделять на поколения согласно поддерживаемым версиям *DirectX.*

API DirectX предназначен для:

- программирования двухмерной графики (модуль *DirectDraw);*
- создания трехмерной графики (модуль *Direct3D);*
- работы со звуками и музыкой (модули *DirectSound* и *DirectMusic);*
- поддержки устройств ввода (модуль *Directlnput);*
- разработки сетевых игр (модуль *DirectPlay).*

Таким образом, *DirectX* представляет собой набор из нескольких сравнительно независимых *API,* позволяющих разработчикам игр и других интерактивных приложений получать доступ к специфическим функциям аппаратного обеспечения, без необходимости написания аппаратно-зависимого программного кода. *DirectX* основан на наборе интерфейсов *Component Object Model* (компонентная модель объектов), а объекты *COM* могут описываться практически любыми языками программирования, например *C/C++, Delphi* и даже *Basic.*

Популярность *DirectX* объясняется его способностью обеспечить все нужды разработчиков игр и железа: от создания трехмерной графики и пользовательского интерфейса ввода, до поддержки сетевых виртуальных миров.

Перспективы развития API

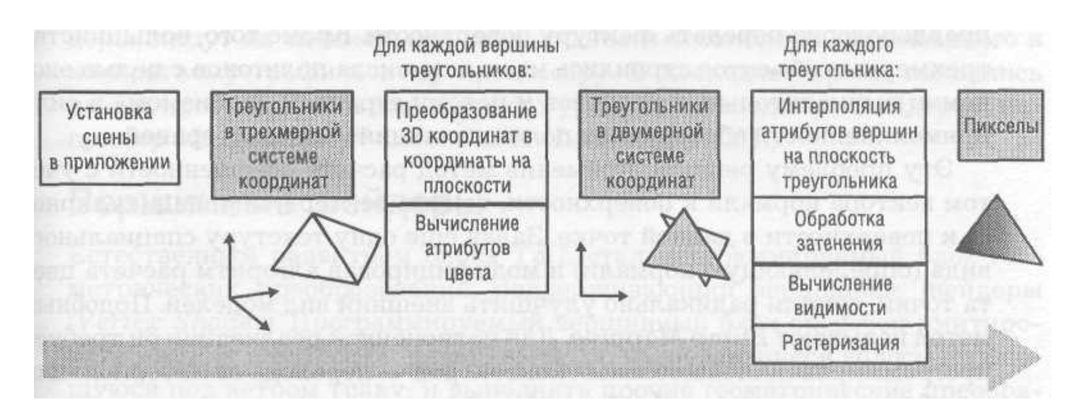
Одна из главных проблем современных *API* — низкая производительность смены различных состояний (установки новых текстур, смены шейдеров и их параметров, а особенно смены активного буфера кадра). Необходимо разработать новые варианты интерфейса железо-API, приближенные к современным требованиям. Основная задача — радикально ускорить создание и выборку новых объектов в рамках *DirectX,* в первую очередь шейдеров, текстур и активных буферов кадра. По-видимому, эта задача будет решаться в ходе разработки *DirectX* десятой версии.

3D-конвейер

Современные графические процессоры для ПК работают с так называемой полигональной графикой, то есть любой объект представляется как набор плоских многоугольников, которые рано или поздно разбиваются на простейшие треугольники. Объект задается вершинами, определяющими ключевые точки, и полигонами, которые образованы линиями, соединяющими вершины. Цвет на полигоны накладывается по специальным алгоритмам закраски, как правило, с использованием заранее нарисованных плоских изображений (текстур). Задача графического процессора сводится к тому, чтобы нарисовать и закрасить как можно больше полигонов за единицу времени. В профессиональных *3D*-ускорителях иногда используется другой способ построения трехмерных сцен — методом обратной трассировки лучей *(Ray Tracing)*, который требует гораздо больших вычислительных ресурсов.

Для отображения треугольников на плоскости используется метод так называемых однородных координат, опирающийся на матрицы преобразования и проектирования. Расчет положения любой точки трехмерной сцены на плоскости сводится к умножению вектора исходных координат на эти матрицы. Современный центральный процессор затрачивает на обработку одной точки около 10 тактов и за секунду просчитывает координаты десятка миллионов вершин. Таким образом, расчет геометрии сцены не составляет для современного центрального процессора особого труда. Проблемы начинаются при закраске полигонов и определении видимых поверхностей, то есть при сопоставлении глубины расположения полигонов относительно наблюдателя.

Реалистичность изображения в трехмерной сцене во многом определяется качеством текстур — заранее нарисованных картинок, наложенных на полигоны. Для каждой вершины указываются ее координаты в



Принципиальная схема конвейера 3D-графики

плоскости изображения-текстуры. При расчете цвета конкретной точки полигона учитывается ее расположение относительно вершин треугольника и точке присваивается цвет, аналогичный цвету соответствующей точки текстуры. Для этого каждой точке экрана, попавшей в треугольник, нужно найти соответствие в текстурных координатах (это сравнительно затратный процесс) и провести так называемую выборку из текстуры — вычислить цвет текстуры в полученной точке. Последняя задача не слишком проста, поскольку часто расчетная точка попадает между пикселами изображения-текстуры. Поэтому расчеты получаются очень трудоемкими, особенно с учетом наложения нескольких текстур. Вдобавок текстуры в современных играх часто представлены изображениями высокого разрешения. В итоге сверхмощный центральный процессор даже при низком экранном разрешении способен обработать не более десятка кадров в секунду. Поэтому ускорители трехмерной графики в первую очередь были созданы для аппаратного ускорения закраски.

Объекты в сцене, даже с наложенными текстурами, выглядят весьма уныло, если не учитывается их освещенность. Первые ускорители работать с источниками освещения не умели. Игровой движок заблаговременно рассчитывал освещенность элементов сцены и создавал соответствующие текстуры освещения *(light maps)*. Уже просчитанные блики света отрисовывались как текстуры. В статических сценах такой «свет» выглядел неплохо, но в динамических сценах подвижный объект смотрелся одинаково на свету и в тени, что снижало реалистичность. Для улучшения реалистичности стали рассчитывать освещенность объекта методом Гуро: определив освещенность вершин полигонов, ее интерполировали на внутренние точки граней. Такой подход лег в основу графических процессоров с фиксированным конвейером (поколение *DirectX* 7), получивших аппаратный блок геометрических вычислений — *Hardware Transform & Lightning (T&L)*. Однако требования к реалистичности сцены непрерывно росли, а метод интерполяции по всему полигону был не в состоянии правдоподобно передать фактуру поверхности. Кроме того, большинство трехмерных объектов строились из малого числа полигонов с целью экономии вычислительных ресурсов и потому страдали «кубизмом» в силу прямолинейности образующих полигоны линий и плоских граней.

Эту проблему решили, применив метод расчета освещенности с учетом вектора нормали к поверхности, то есть вектора, перпендикулярного к поверхности в данной точке. Задав еще одну текстуру специального вида (определяющую нормали) и модифицировав алгоритм расчета цвета точки, сумели радикально улучшить внешний вид моделей. Подобный метод называют *Bump Mapping*. Для полноценной реализации он требует программирования пиксельных конвейеров — перехода от интерполяции и выборки из текстур к обработке формул расчета цвета каждого пиксела объекта (а не только вершин). Так впервые появились пиксельные шей-

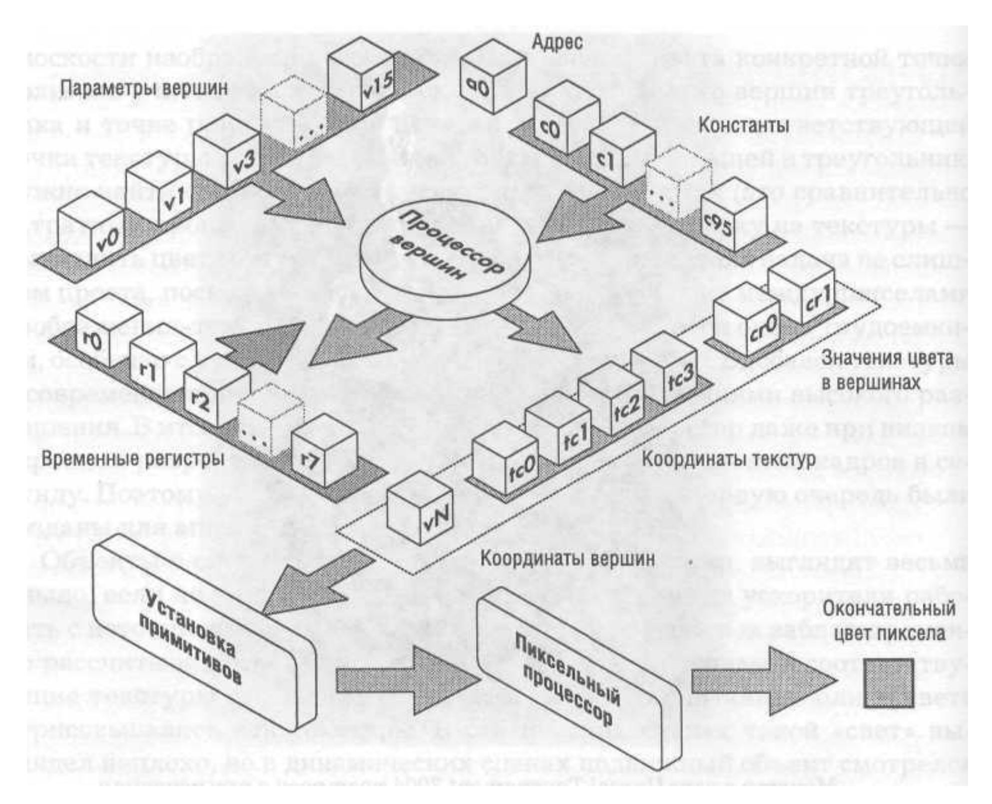


Монстр в игре Unreal Tournament 2004 построен с применением технологии шейдеров

деры — комплекты команд, позволяющие программировать пиксельные конвейеры графического процессора. Шейдеры заметно повысили реалистичность объектов. Например, монстры в игре *UT2004* состоят из умеренного числа полигонов, но благодаря применению шейдеров выглядят вполне реалистично. Видеоадаптеры, поддерживающие обработку шейдеров, появились в поколении *DirectX 8*. Как правило, программы-шейдеры пишут на специальной разновидности ассемблера, привязанного к конкретному графическому процессору. В последнее время появились языки программирования высокого уровня для создания шейдеров, например *Microsoft High-Level Shader Language (HLSL).*

Вершинные шейдеры

Естественным развитием блока *T&L* стал программируемый блок геометрических преобразований, поддерживающий вершинные шейдеры *(Vertex Shader).* Программируемый вершинный блок способен имитировать мимику персонажа, переливы меха, развевающиеся волосы, стелющуюся под ветром траву, и выполнять прочие геометрические преобразования, реализуя их на лету. Разработчик программы получает полный



Принципиальная схема процессора вершин для обработки вершинных шейдеров

контроль над механизмами *T&L* и может использовать вершинные шейдеры для расчета вспомогательных геометрических данных, которые затем будут использовать пиксельные шейдеры.

Например, программист пишет шейдер, в котором указывает, что его следует использовать для вершин треугольников, составляющих листок дерева. Графический процессор исполняет эту программу, и в результате листочек на дереве поворачивается на определенный угол в каждом кадре. Другой вариант использования вершинного шейдера связан с обработкой текстур. Например, шейдер изменяет текстурные координаты вершин полигонов, а в результате выражение лица персонажа изменяется от улыбки до плача за счет наложения других текстур. Программированию поддаются практически все параметры, связанные с обработкой вершин: помимо уже названных геометрических и текстурных координат можно задавать цвет вершины, параметры смешивания, прозрачность.

Возможности шейдеров росли от версии к версии. Начиная с версии 3.0 (включены в *API DirectX 9),* шейдеры почти не ограничивают методы программирования, позволяя использовать в вычислениях текстуры и зада-

вать уникальные свойства вершин. То есть вершинный блок графического процессора сейчас мало чем уступает по функциональности центральному процессору.

Пиксельные шейдеры

Вершинные шейдеры при необходимости можно перенаправить на исполнение центральным процессором. С геометрическими расчетами мощный процессор справится без проблем. Но при выполнении пиксельного шейдера даже сверхмощный *CPU* задумается надолго, поскольку здесь происходит интенсивный обмен с памятью и сложные расчеты с использованием вещественных чисел. В задачах расчета освещения это ключевой момент: динамического диапазона стандартного 8-битного цвета для передачи всего богатства оттенков может не хватить.

Поэтому обработкой пиксельных шейдеров практически всегда занимаются пиксельные конвейеры графического процессора. Использование пиксельных шейдеров позволило реализовать расчет освещенности объектов методом Фонга, обеспечивающим наивысшую на сегодняшний день реалистичность. Согласно методу Фонга, цвет участка поверхности рассчитывается раздельно в каждом из цветовых каналов и складывается из трех компонентов: фонового освещения (имитирующего естественный рассеянный свет), диффузного отражения (рассеянного света, отраженного от поверхности) и зеркального отражения (имитирующего направленное отражение). На практике фоновое освещение используют для того, чтобы подсветить излишне темные участки. Диффузное отражение соответствует отражению света от неровной поверхности. Подобная поверхность рассеивает падающий на нее свет практически равномерно по всем направлениям. Но, в отличие от фонового освещения, диффузное отражение учитывает направление на источник света. Главная изюминка метода Фонга кроется в расчете зеркального отражения, учитывающего не только направление на источник света, но и местоположение наблюдателя.

Технологии трехмерной графики

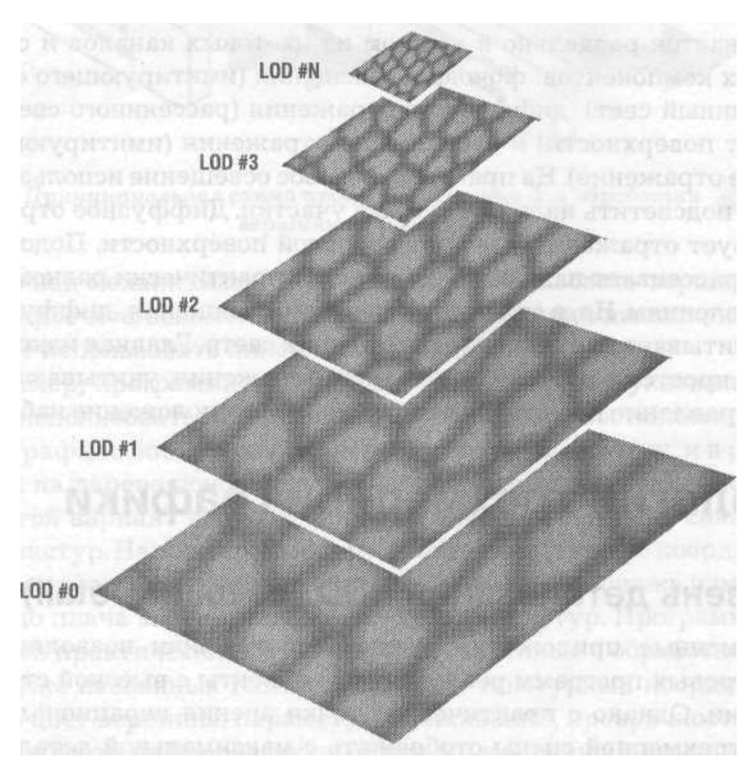
Уровень детализации LOD (Level of Detail)

Современные приложения трехмерной графики позволяют создавать для игровых программ реалистичные объекты с высокой степенью детализации. Однако с практической точки зрения нерационально все объекты трехмерной сцены отображать с максимальной детализацией, так как человеческое зрение решительно отказывается воспринимать мелкие детали удаленных объектов. Очевидно, что и в играх нет смысла воспро-

изводить каждый волосок на теле монстра, если человек все равно не способен его различить. К тому же непрерывная обработка нескольких сотен или тысяч полигонов, составляющих объект, независимо от его удаления, приводит к загрузке компьютера бессмысленной работой.

Таким образом, на каждый момент времени необходимо просчитать для всех объектов в трехмерной сцене необходимую и достаточную степень детализации (LOD-уровень). Существуют два подхода к управлению детализацией: статический и динамический *LOD*. В первом случае заранее создаются упрощенные варианты максимально детализированного объекта. Предположим, что для монстра, насчитывающего 1200 полигонов, на больших дистанциях наблюдения будет достаточно использовать упрощенные модели из 600 и 300 полигонов. В ходе построения сцены просчитывается удаление модели монстра от плоскости проецирования и выбирается вариант, соответствующий дальности.

В технологии динамического, или непрерывного, *LOD* используют различные алгоритмы, позволяющие более-менее плавно регулировать число полигонов в объекте в зависимости от расстояния до картинной плоскости.



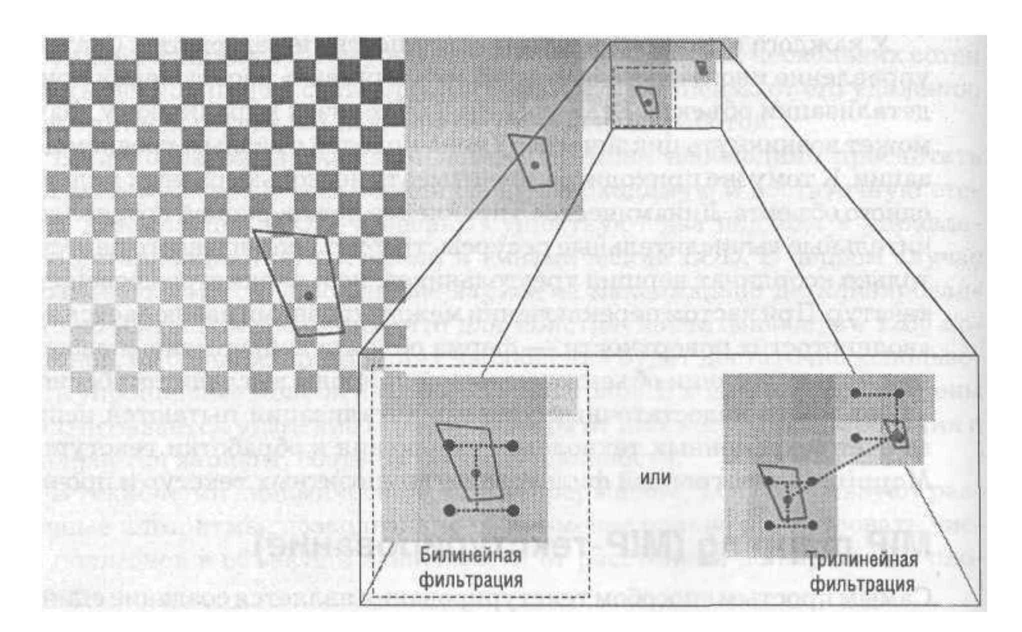
Технология формирования уровней детализации

У каждого метода есть свои преимущества и недостатки. Статическое управление иногда вызывает эффект «дерганья» изображения при смене детализации объекта. Если уровень *LOD* близок к граничному значению, может возникнуть циклическая смена моделей с разным уровнем детализации. К тому же приходится обсчитывать несколько разных моделей для одного объекта. Динамическое управление детализацией потребляет значительные вычислительные ресурсы, требует непрерывного пересчета не только координат вершин треугольников, но и параметров освещенности текстур. При частом переключении между уровнями наблюдается эффект «волнистости» поверхности — форма объекта непрерывно «плывет», что при моделировании объектов неживой природы выглядит особенно нереально. Часто недостаточный уровень детализации пытаются исправить за счет современных технологий наложения и обработки текстур: *Bump Mapping,* анизотропной фильтрации, композитных текстур и прочих.

MIP mapping (MIP-текстурирование)

Самым простым способом текстурирования является создание единственной текстуры среднего размера с приличной детализацией и наложение ее на полигоны объекта во всех случаях, когда требуется визуализация. Однако здесь возникают две проблемы. Во-первых, если текстура создана с максимально возможным разрешением и детализацией (например, 2048x2048 пикселов при глубине цветового охвата 32 бит), то расход вычислительных ресурсов и памяти при наложении текстур на все видимые объекты в трехмерной сцене будет просто фантастическим — никакой ускоритель не справится с таким потоком данных. Во-вторых, если уменьшить размер (и тем самым детализацию) текстур, то объекты по мере приближения к плоскости проекции будут выглядеть все более грубо. В некоторых играх нередки эффекты, когда при максимальном сближении с объектом его поверхность предстает как набор огромных пятен — это означает, что на картинную плоскость попало всего несколько текселов текстуры. То же самое касается и эффекта перспективы — одна и та же текстура, будучи наложена на близкий и удаленный участки объекта, вызывает искажение перспективы.

Чтобы обойти такие проблемы, была разработана технология, получившая название *MIP mapping.* Ее суть заключается в предварительном или динамическом создании набора текстур с различным разрешением и уровнем детализации на основе базовой текстуры максимального разрешения. Цвет каждого тексела текстуры с более низкой детализацией выбирается путем аппроксимации цвета четырех ближайших текселов текстуры предыдущего (более высокого) уровня детализации. При построении трехмерной сцены определяется удаленность полигона от картинной плоскости и соответственно этому значению накладывается текстура с заданным разрешением.



Метод наложения текстур MIP mapping

Для выбора конкретного уровня детализации сегодня используют в основном динамический расчет *LOD.* Уровни *LOD* для текстур можно рассматривать как степени числа 4. Например, проецирование текстуры вызывает наложение одного тексела на пиксел, следовательно, уровень *LOD* определяется как нулевой и выбирается текстура с наивысшей детализацией. Если на пиксел пришлось 4 тексела, уровень *LOD* составляет 1, поэтому выбирается следующий уровень *MIP mapping,* которому соответствует текстура с меньшей детализацией.

Расчет уровня *LOD* можно вести либо для полигона в целом (по усредненному значению для трех вершин), либо для каждого пиксела. Последний метод дает более качественный результат и позволяет избежать некоторых дефектов изображения, но потребляет много вычислительных ресурсов. Кроме того, в зависимости от вычисленного уровня *LOD,* к текстурам применяют различные фильтры, например для сглаживания краев (граней).

Композитные текстуры

Текстуры высокого разрешения занимают огромное место в памяти. Например, текстура размером 1024x1024 пиксела при глубине цветности 16 бит достигает объема 2 Мбайт. Учитывая широкое распространение игр с глубиной цветности 32 бит (текстура 2048x2048, 32 бит занимает 16 Мбайт), становится понятным, что никакой видеопамяти, при сложно-

СТИ сцены хотя бы в 10 000 полигонов, не хватит. Придется «подкачивать» текстуры из оперативной памяти, что сильно нагружает шину видеоадаптера, и так занятую передачей данных по обсчету полигонов.

Для решения этой проблемы была придумана технология так называемых композитных текстур, или текстур с детализацией. При таком подходе требуется создать всего две текстуры: базовую и детальную. Базовая текстура содержит основные элементы и как бы создает общий фон. Детальная текстура содержит лишь мелкие элементы, необходимые при рассмотрении объекта вблизи. Обе текстуры смешиваются, причем степень их взаимовлияния определяется исходя из расстояния до плоскости проецирования.

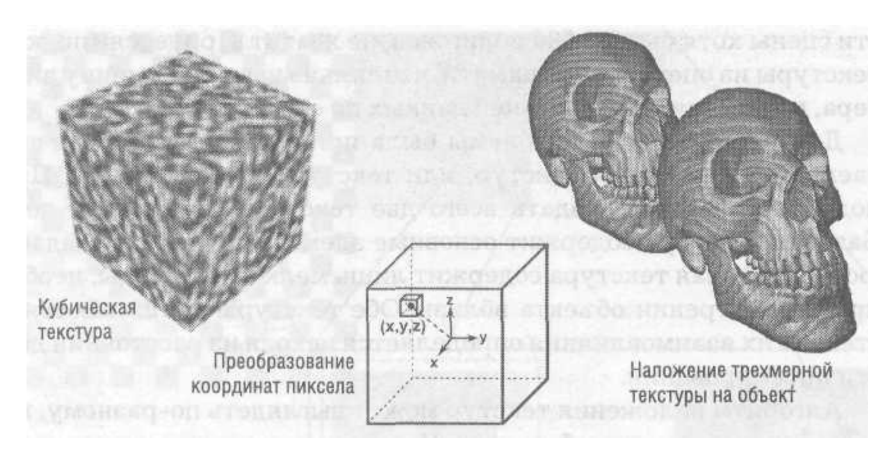
Алгоритм наложения текстур может выглядеть по-разному, в зависимости от выбора разработчиков. Например, часто используют смешение с помощью альфа-канала или мультитекстурирование. В результате на большом расстоянии видна только базовая текстура, а по мере приближения объекта к картинной плоскости начинает проявляться детальная текстура. Пошаговый метод основан на механизме *MIP mapping* и мультитекстурировании. То есть с помощью механизма *LOD* определяется уровень *MIP*-каскада для выборки соответствующей детальной структуры (напомним, что базовая текстура остается неизменной). Затем детальная структура накладывается на базовую и результат отправляется в буфер кадра. Очевидно, что при такой методике уровень детализации меняется дискретно, скачками. Будет ли это заметно пользователю, зависит от искусства разработчиков.

Смешение с помощью альфа-канала позволяет организовать динамическое изменение уровня детализации. Реализовать этот алгоритм достаточно просто, построив функцию зависимости степени прозрачности детальной текстуры от уровня *LOD* и направления движения объекта (к картинной плоскости или в глубину).

Трехмерные текстуры

Элемент трехмерной текстуры представляет собой виртуальный монолитный куб. Каждая точка внутри текстурного куба имеет присвоенный ей цвет. Конечно, на самом деле трехмерный объект в компьютерной графике состоит из конечного числа точек (текселов), и потому его удобно представлять как конечный набор слоев (плоских текстур), текселы которых образуют узловые точки трехмерной текстуры.

Полигону, на который накладывается трехмерная текстура, присваиваются такие локальные координаты вершин, чтобы он оказался сечением куба. При этом не обязательно, чтобы полигон целиком помещался в объем куба. Обычно точке полигона вне куба присваивается цвет ближайшей граничной точки трехмерной текстуры.



Метод наложения трехмерной текстуры

Так как полигон может занять по отношению к кубу любое положение, лишь бы выполнялось сечение, возможны варианты, когда нельзя однозначно соотнести точку на полигоне и тексел трехмерной текстуры. В этом случае применяют либо прямое присваивание цвета ближайшей узловой точки, либо трилинейную фильтрацию, то есть линейную аппроксимацию по восьми ближайшим узловым точкам.

Важным свойством трехмерных текстур является способность реалистично имитировать материалы с характерной внутренней структурой. Например, для моделирования деревянной конструкции достаточно создать ее полигональную модель, затем разработать трехмерную текстуру, имитирующую рисунок деревянной поверхности и присвоить ее полигонам. Заботиться о рисовании текстур для каждого полигона и о «сшивании» их на границах уже нет необходимости.

Помимо этого трехмерные текстуры позволяют реалистично имитировать спецэффекты, природные явления и даже движение тел. На самом деле, если поместить полигон последовательно, с заданным сдвигом, в трехмерную текстуру и так же последовательно его отображать, меняя только одну координату, получится эффект анимации. Подобным методом можно имитировать огонь, блики на поверхности воды и металлов, множество других эффектов. Особое место занимает возможность правдоподобной имитации объемных эффектов: дыма, взрывов, локального тумана достаточно простыми способами, по сравнению с технологией систем частиц.

Методы фильтрации текстур

Вычисление цвета точки полигона, попавшей между значениями точек текстуры, называется фильтрацией. Очевидно, что цвет пиксела проекции трехмерного объекта на экран должен однозначно определяться цве-

том тексела соответствующей текстуры. Однако это правило действует только в простых случаях, при углах проецирования, близких к нормали, и соответствующем удалении от картинной плоскости. Дело в том, что как пиксел, так и тексел только в математическом смысле именуются точками. Физически они имеют вполне конкретные размеры и выглядят как окружности, диаметр которых зависит от разрешения экрана монитора и текстуры соответственно. Как только угол проецирования выходит за определенные рамки, случается, что на один пиксел проецируются два и более тексела, так как проекция становится близкой к овалу. Если же объект очень близок к плоскости проецирования, может случиться обратная коллизия — один тексел будет проецироваться на несколько пикселов.

В простейшем случае для улучшения качества изображения применяют поточечную выборку. То есть цвет пиксела определяется по цвету тексела, расположенного в центре образованной его проекцией фигуры. Конечно, результат выглядит достаточно грубым, так как не учитываются ни цвета других пикселов, входящих в проецируемую фигуру, ни ее форма. Если такая текстура наложена на объект, уходящий в глубину сцены, эффект перспективы оказывается сильно искаженным.

Билинейная фильтрация

Метод расчета цвета по среднему арифметическому четырех ближайших соседей точки называют билинейной фильтрацией. В этом случае считается, что проекция представляет собой круг, а цвет пиксела рассчитывается путем аппроксимации цветов четырех текселов, как бы образующих данный круг.

При сильном приближении объекта к плоскости проецирования случается, что в круг попадает меньше четырех текселей, тогда изображение выглядит чрезмерно размытым. Если же плоскость полигона повернута относительно плоскости проецирования, круг уже не соответствует реальной форме проекции (овалу, эллипсу или иной фигуре) и эффект перспективы хотя и присутствует (все-таки сказывается аппроксимация по четырем точкам), но все равно существенно искажен. К тому же для определения цвета одного пиксела требуется считывать цвета четырех текселов из памяти, где хранятся текстуры, что увеличивает нагрузку на шину памяти.

Трилинейная фильтрация

Метод представляет собой комбинацию технологий *MIP mapping* и билинейной фильтрации (билинейной по текстуре и линейной по текстурам). Как известно, в технологии *MIP mapping* применяют текстуры с разной степенью детализации (и разным разрешением) в зависимости от удаленности полигона от плоскости проецирования. При трилинейной фильтрации берутся две соседние текстуры, одна из которых содержит текселы,

попадающие в проекцию, а другая является ближайшей к ней по удаленности, и к каждой применяют билинейную фильтрацию. В итоге аппроксимация цвета проводится уже по восьми текселам и результат выглядит ближе к реальности, так как текстуры заранее обсчитаны для определенных расстояний. Чтобы не было видно резких скачков от одного мип-уровня к другому, на переходах («не близко и не далеко») ускоритель считает линейную комбинацию цветов, вычисленных по ближним и по дальним текстурам.

Анизотропная фильтрация

Самый передовой на сегодняшний день метод фильтрации — анизотропная (неоднородная по разным направлениям). Существуют различные алгоритмы анизотропной фильтрации, суть которых — в возможно более точном учете формы проекции при различном положении текстурированного полигона по отношению к проецируемой плоскости. То есть вокруг центра проекции строится виртуальный куб из наложенных друг на друга текселов текстур разного уровня детализации, которые теоретически пересекает проекция.

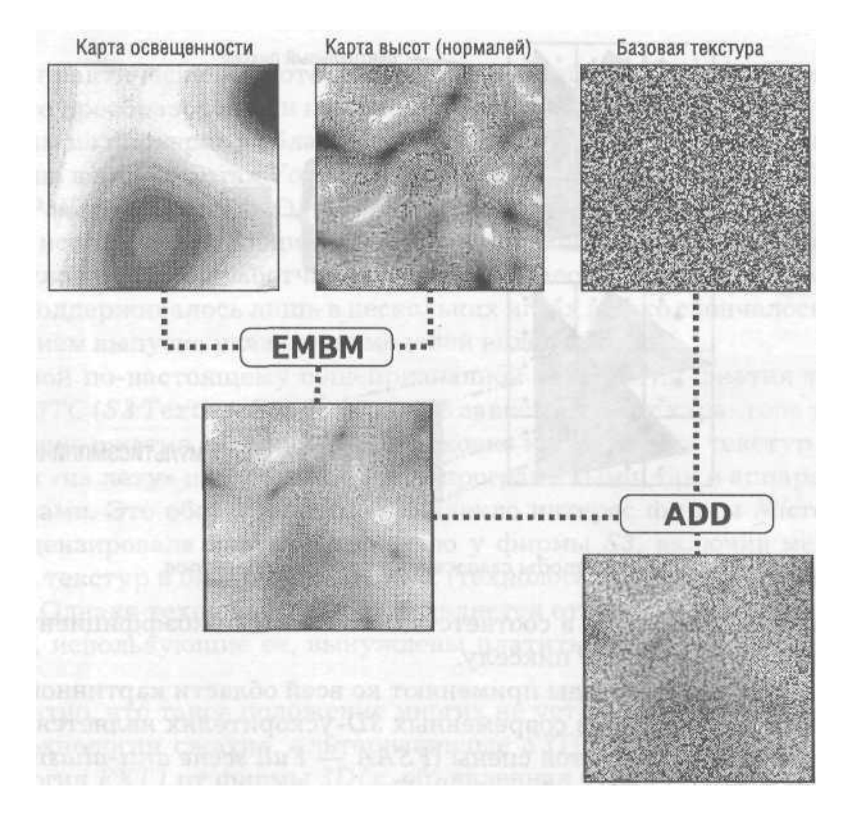
Внутри куба плоскость проекции может располагаться как угодно — в идеале будут учтены все точки, попадающие в проекцию. В зависимости от размера грани куба может быть обсчитано от 8 до 32 текселов для определения цвета единственного пиксела. Результат действительно близок к фотореалистичному, но и расход ресурсов *GPU* и видеопамяти очень велик.

Environment Map Bump Mapping (EMBM)

EMBM — карта окружающей среды (иногда ее называют картой отражения) служит для отражения в объекте свойств окружающего пространства. Карты отражения либо создаются заранее, во время разработки игры (обычно используются сферические карты среды), либо в ходе построения трехмерной сцены (кубические карты среды).

Визуальные свойства карт окружающей среды можно сделать зависимыми от направления линии визирования (что соответствует правилам физической оптики). С целью ускорения обработки трехмерной сцены разработчики иногда не предусматривают изменения карты среды в зависимости от направления линии визирования.

Более качественным является метод создания кубических карт окружающей среды в ходе построения трехмерной сцены. По сути дела, для этого необходимо предварительно выполнить рендеринг сцены относительно объекта, к которому применяется технология *EMBM*. Затем попиксельное состояние окружения записывается в трехмерную текстурную карту, которая и накладывается на объект.

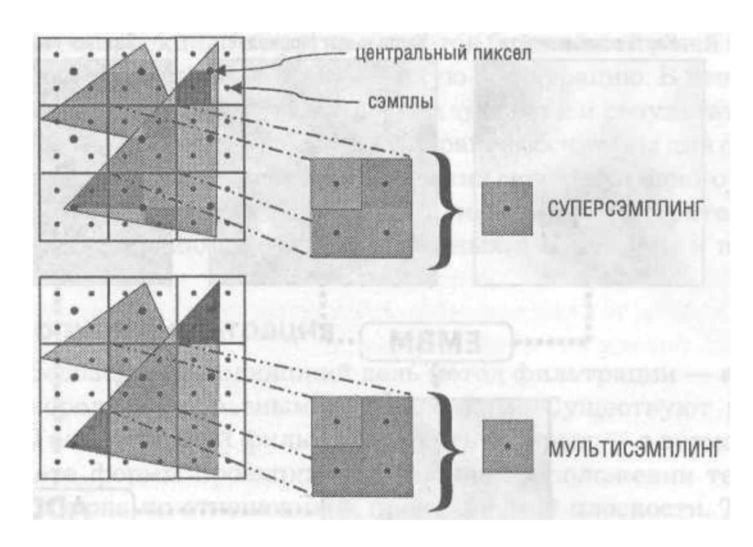


Формирование текстур методом EMBM

Сглаживание

Дефекты изображения, возникающие при рендеринге трехмерной сцены, могут носить самый различный характер. Обычно пространственные искажения выражаются в ступенчатости ровных краев (так называемый «лестничный эффект»), потере мелких деталей изображения, появлении муара (регулярной структуры на изображении, не предусмотренной разработчиками), искажении текстур. Особым видом являются дефекты, связанные с непреднамеренной анимацией сцены, например мерцание объектов из-за постоянного переключения между ступенями *LOD.*

Технологии устранения дефектов получили название *anti-aliasing,* у нас прижился термин «сглаживание». Пространственные дефекты сглаживаются либо локальными, либо глобальными методами. Локальные методы применяют к краям объектов, то есть текселы текстуры, являющиеся краевыми в полигоне, обрабатываются таким образом, чтобы исключить лестничный эффект. Широко распространенной является технология усреднения по площади. Для этого определяется весовое соотношение текселов, чьи проекции пришлись на данный пиксел. Затем их



Методы сглаживания границ объектов

цвета смешиваются в соответствии с весовыми коэффициентами и присваиваются данному пикселу.

Глобальные методы применяют ко всей области картинной плоскости. Самой популярной в современных *3D*-ускорителях является технология сглаживания дефектов сцены *(FSAA - Full scene anti-aliasing)* методом масштабирования изображения. То есть рендеринг сцены выполняется с разрешением, превосходящим необходимое экранное разрешение, а затем производится уменьшение изображения, при этом каждый пиксел обрабатывается на основе маски, соответствующей коэффициенту масштабирования. Например, при маске 2x2 и экранном разрешении 800x600 точек необходимо выполнить рендеринг сцены в разрешении 1600x1200. Затем каждому пикселу в реальном изображении будет присвоен цвет, получившийся в результате смешения цветов соседних пикселов маски 2x2 в виртуальном разрешении.

Сжатие текстур

Повышение разрешения текстур до 2048x2048 точек при 32-битном цветовом охвате вызвало существенное возрастание требований к объемам памяти, выделяемой для хранения текстурных карт. Ведь на основе базовой текстуры согласно многим технологиям генерируются другие уровни текстурных карт. Кроме того, часто применяют и прочие карты: освещенности, рельефа, окружающей среды и т. д. Очевидно, что хранить гигантский объем данных в обычном виде становится нерациональным. Разработчики видеоадаптеров с давних пор пытаются приспособить различные методы сжатия данных для текстурных карт. Здесь существенны два требования:

сжатие практически без потери качества и обработка данных «на лету», в процессе преобразования и наложения текстур.

Одним из пионеров в области сжатия текстур выступила фирма *3Dfx,* применив в видеокартах *Voodoo* технологии *YAB Narrow Channel Texture* и *8 bit Palletized Texture*. Однако согласно данной технологии было необходимо использовать специально созданные под нее текстуры, что сразу отпугнуло других разработчиков. В итоге новшество просуществовало недолго, поддерживалось лишь в нескольких играх и тихо скончалось с прекращением выпуска указанных моделей видеокарт.

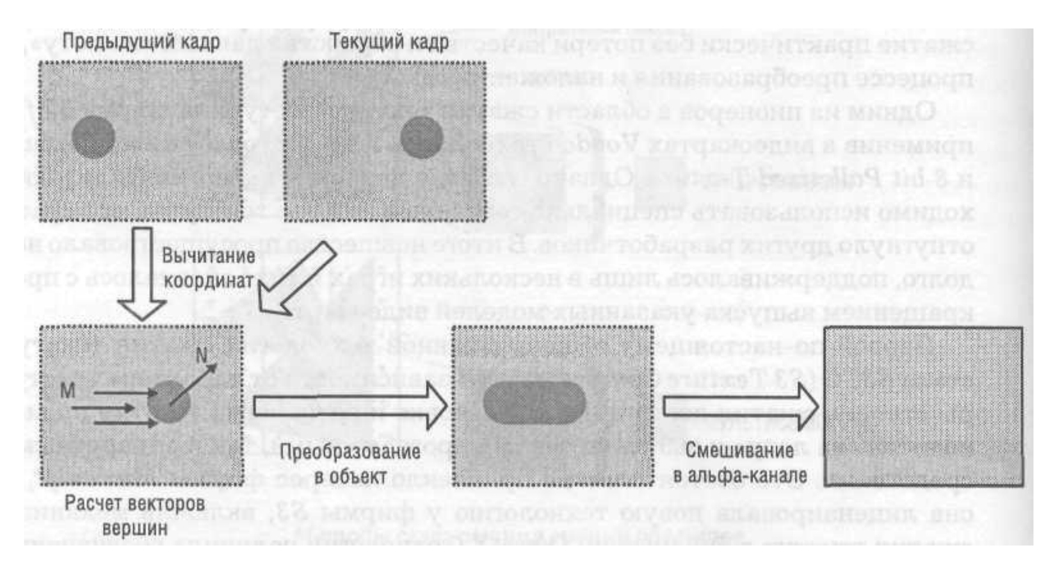
Первой по-настоящему общепризнанной технологий сжатия текстур стала *S3TC (S3 Texture Compression)*. В зависимости от характера текстуры степень сжатия достигает 6:1. Упаковка и распаковка текстур производится «на лету» и выполняется как программными, так и аппаратными средствами. Это обстоятельство привлекло интерес фирмы *Microsoft,* и она лицензировала новую технологию у фирмы *S3,* включив механизм сжатия текстур в библиотеку *DirectX* (технология получила обозначение *DXTC)*. Однако технология *S3TC* не является открытой, и потому другие фирмы, использующие ее, вынуждены платить лицензионные отчисления *S3*.

Понятно, что такое положение многих не устраивало, и вскоре появились технологии сжатия, альтернативные *S3TC*. В первую очередь это технология *FXT1* от фирмы *3Dfx,* объявленная открытой. Ее преимущества заключаются в лучшем коэффициенте сжатия, достигающем 8:1, и меньшей потере качества при компрессии текстур.

Несколько особняком стоит технология *VTC (Volume Texture Compression)* от фирмы *nVidia*. Она ориентирована исключительно на сжатие трехмерных текстур. Известно, что *3D*-текстуры являются самыми требовательными к объему видеопамяти, однако взамен они обеспечивают великолепное качество изображения, близкое к фотореалистичному.

Motion Blur

Проведите такой эксперимент — на улице резко поверните голову от одного плеча к другому, стараясь не двигать глазами. Вы наверняка заметите, что зрительная картина приобретает некоторую «смазанность», направление которой зависит от направления перемещения взгляда. Такой же эффект возникает, если смотреть из окна быстро движущегося поезда или автомобиля на близко расположенные объекты. Описанный зрительный эффект имеет место не только при фланговой линии визирования — точно так же происходит размытие изображения на большой скорости при фронтальном наблюдении. Этот эффект широко используется в художественной фотографии, видеопродукции и компьютерной графике и получил в англоязычной литературе название *Motion Blur*.



Метод формирования эффектов Motion Blur

Разработчики игр и мультимедийных продуктов давно поняли, что эффект *Motion Blur* способен значительно повысить восприятие, «ощущение» движения в трехмерных сценах. Однако лишь сравнительно недавно возможности аппаратуры позволили в полной мере применять эффект размытия изображения в движении в современных продуктах.

Технология *Motion Blur,* применяемая в настоящее время, достаточно проста, но требует значительных вычислительных ресурсов. Суть ее заключается в создании избыточных данных и их приведении к нормальному значению. То есть, сначала создается избыточное количество кадров для анимационной последовательности, обычно кратное целому коэффициенту (например, восемь). Затем последовательность кадров делится на группы, включающие число кадров, равное принятому коэффициенту. Внутри группы все кадры смешиваются, и обсчитывается результирующий кадр. Из результирующих кадров составляется итоговая анимация.

Так как результирующие кадры, по сути, содержат несколько фаз движения, изображение получается размытым, со смещением границ в сторону, противоположную направлению движения. Чем больше принятый коэффициент *Motion Blur,* тем дальше отодвигается граница размытости изображения. В принципе, коэффициент должен быть прямо пропорционален скорости перемещения камеры.

Графический процессор

- Архитектура GPU поколения DirectX 9
- Встроенный ускоритель графики
- Развитие графических процессоров
- Оценка производительности видеокарт

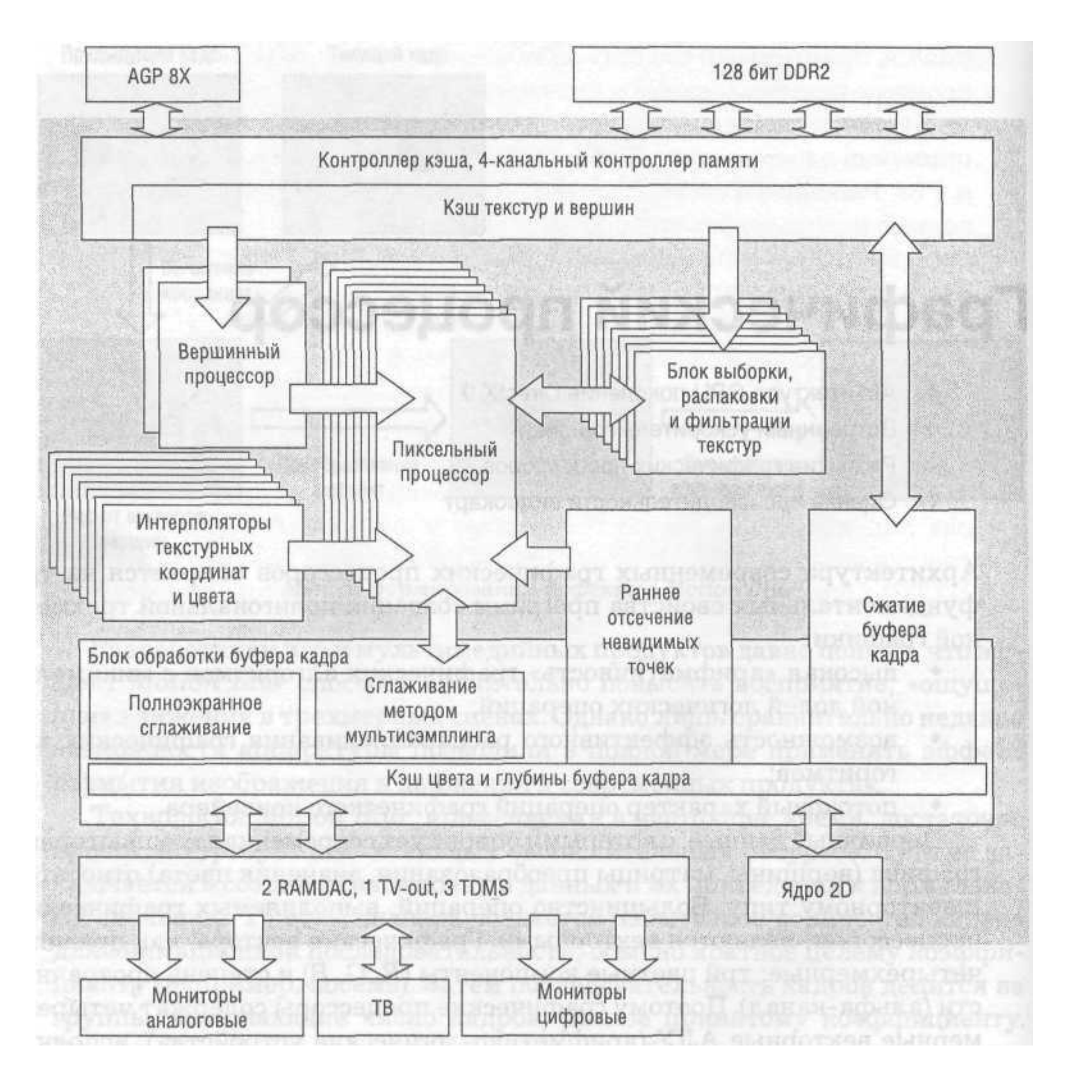
Архитектура современных графических процессоров опирается на три фундаментальных свойства программ создания полигональной трехмернойграфики:

- высокая «арифметичность» графических алгоритмов с минимальной долей логических операций;
- возможность эффективного распараллеливания графических алгоритмов;
- потоковый характер операций графического конвейера.

Первичные данные, с которыми оперирует современная компьютерная графика (вершины, матрицы преобразования, значения цвета) относятся к векторному типу. Большинство операций, выполняемых графическим процессором, являются векторными. Графические вектора, как правило, четырехмерные: три цветные компоненты *(R,* G, B) и степень прозрачности (альфа-канал). Поэтому графические процессоры содержат четырехмерные векторные АЛУ (арифметико-логические устройства), исполняющие операции с компонентами того или иного формата.

Операции с цветом и прозрачностью — чисто арифметические, логически данные друг от друга не зависят, поэтому их можно выполнять параллельно, то есть за один шаг. Для этого достаточно иметь один векторный АЛУ и общий блок контрольной логики, обеспечивающий произвольную перестановку компонентов перед вычислениями. В реальных задачах обычны ситуации, когда надо обработать только двумерные векторы или скалярные величины (особенно это касается пиксельных конвейеров и пиксельных алгоритмов). В этом случае вычисления оптимизируются по схеме 2+2 (две операции над двумерными компонентами).

Особенность графических алгоритмов в том, что объекты, обрабатываемые в графическом конвейере, как правило, не зависят друг от дру-



Функциональная схема графического процессора GeForce FX

га. Например, при обработке вершин треугольника совершенно не важен порядок вычислений. Поэтому в современных графических процессорах может быть несколько вершинных блоков. Обработка пикселов еще лучше поддается распараллеливанию. Как следствие, происходит рост числа пиксельных конвейеров в архитектуре *GPU.* То есть наращивать мощность графического ускорителя можно простым клонированием вершинных и пиксельных блоков.

С внедрением шейдеров *DirectX 9.0c* (пиксельные и вершинные шейдеры версии 3.0) в графических алгоритмах появились динамические операции (условия). Характер и порядок обработки данных ставится в зависимость от того, каковы исходные данные. Поэтому пришлось создавать

полноценные параллельные конвейеры, каждый из которых оснащен контрольной логикой.

Все поступающие в исполнительные конвейеры графического процессора данные по своей сути — однородные потоки. Следовательно, они могут быть предварительно выбраны, помещены в кэш, организованы в очереди, то есть эффективно подготовлены для обработки.

Архитектура GPU поколения DirectX 9

Центральный процессор компьютера, подготавливая трехмерную сцену, создает поток параметров вершин трехмерных объектов, присутствующих в кадре. Блок выборки геометрии *GPU* извлекает из оперативной памяти геометрические данные и направляет их в предварительный кэш вершин, размещенный в видеопамяти. Ускорители поколения *DirectX 9* поддерживают несколько вариантов топологии хранения геометрических данных в видеопамяти: *strips, fans,* индексный буфер. Кроме того, аппаратно поддерживается гибкий формат данных: для каждой вершины могут храниться не только классические данные (координаты или вектор нормали), но и любые другие наборы допустимых скалярных или векторных величин. Поддерживается работа с несколькими потоками данных, когда часть атрибутов вершины хранится в одном массиве данных, а другая часть — в другом. Обычно выборка из памяти происходит одновременно несколькими потоками. Далее каждая из вершин попадает в вершинный процессор.

Вершинный процессор

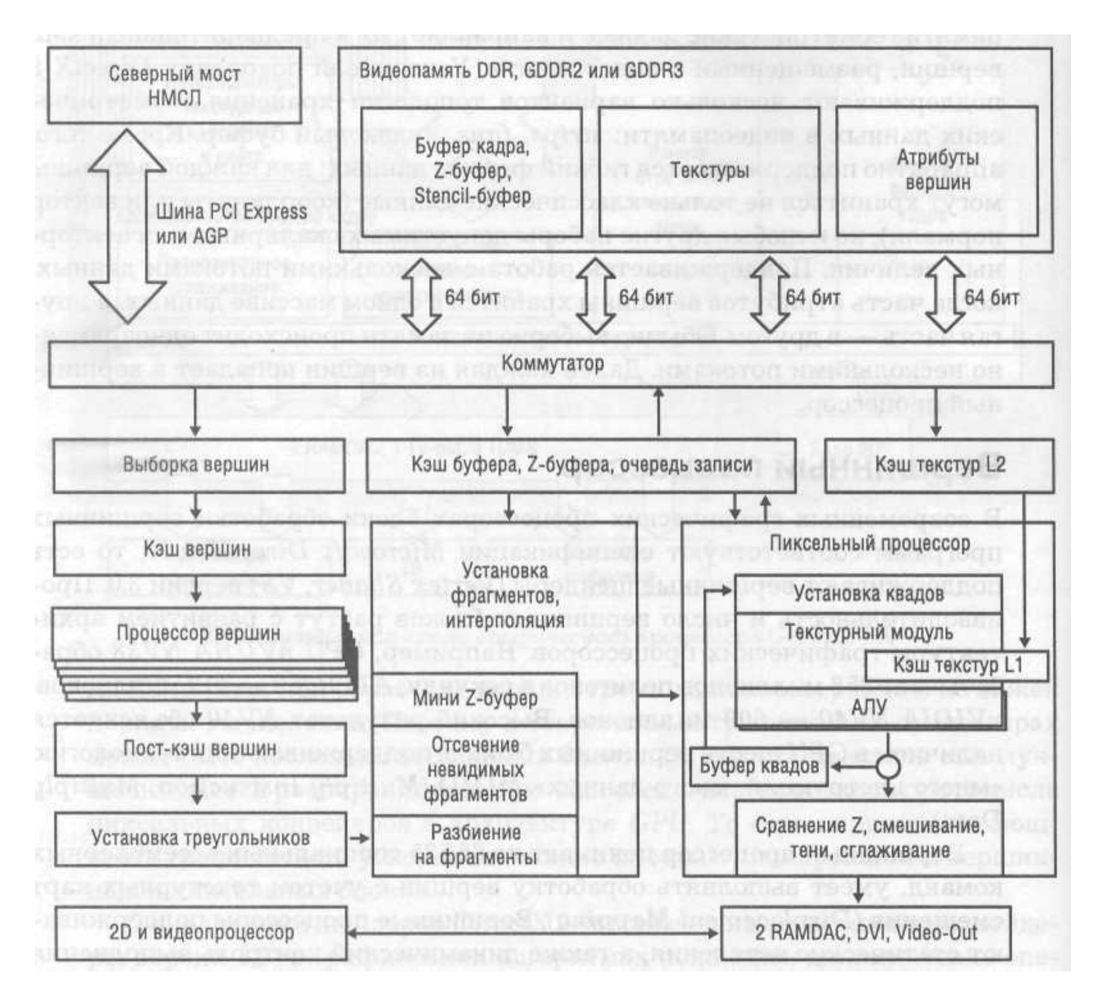
В современных графических процессорах блоки обработки вершинных программ соответствуют спецификации *Microsoft DirectX 9.0c,* то есть поддерживают вершинные шейдеры *(Vertex Shader, VS)* версии 3.0. Производительность и число вершинных блоков растут с развитием архитектуры графических процессоров. Например, *GPU nVIDIA NV38* обрабатывает 356 миллионов полигонов в секунду, *ATI R360* — 412 миллионов, *nVIDIA NV40* — 600 миллионов. Высокий результат *NV40* объясняется наличием в *GPU* шести вершинных блоков, поддерживающих технологию «много инструкций, много данных» *MIMD (Multiply Instruction, Multiply Data).*

Вершинный процессор понимает до 65 535 специальных ассемблерных команд, умеет выполнять обработку вершин с учетом текстурных карт смещения *(Displacement Mapping).* Вершинные процессоры поддерживают статические ветвления, а также динамический контроль выполнения *(Flow Control):* циклы и ветвления, вызов подпрограмм, предикаты, возврат и другие операции.

Определение видимых поверхностей

Из вершинного процессора преобразованные и «освещенные» (то есть обработанные вершинным шейдером) вершины попадают в промежуточный буфер. Он называется *«Post T&L* буфер вершин». Далее вершины группируются по три согласно принадлежности к треугольникам и отправляются в блок установки треугольников, где происходит предварительная подготовка данных, необходимых для закраски всего треугольника. Здесь же производится отбрасывание невидимых и повернутых к наблюдателю обратной стороной треугольников.

Затем треугольник разбивается на фрагменты, часть которых признается невидимыми и отбрасывается в ходе теста глубины (Z-теста) на



Функциональная схема графического процессора NV40 поколения Direct X9

уровне фрагментов (технология *Hidden Surface Remove, HSR* — удаления невидимых поверхностей). Как правило, конечным результатом этого процесса является блок видимых фрагментов размером 2х2 пиксела, подлежащих закраске. Такие фрагменты называют «квадами».

Механизм определения видимых квадов работает по следующему алгоритму. Сначала треугольники разбиваются на сравнительно большие блоки фрагментов размером 4х4 пиксела. На этом этапе, если даже один пиксел фрагмента принадлежит треугольнику, фигура считается кандидатом на закраску.

Для каждого фрагмента заранее вычисляются самая ближняя и самая дальняя координаты среди всех его точек. Дальняя координата помещается в иерархический буфер глубины. Это значение сравнивается с Z-координатами остальных точек блока фрагментов. Если выясняется, что они расположены дальше, весь блок признается невидимым. В противном случае блок разбивается на квады и для каждого из них вычисляются Z-координаты. Сравниваются значения глубины и отбрасываются полностью невидимые квады, а остальные отправляются на установку и закраску в пиксельный конвейер. При этом квады «комплектуются» вычисленными значениями глубины и специальной битовой маской (флагом), которая определяет, какие из пикселов квада видимы, а какие следует игнорировать. Современные графические процессоры способны проверять на видимость 16 и более пикселов за такт.

Далее квады отправляются на установку фрагментов. Здесь для каждого из них вычисляются некоторые параметры: текстурные координаты, MIP-уровень, векторы и установочные данные анизотропной фильтрации. По мере роста сложности пиксельных шейдеров растет число интерполируемых для каждой точки параметров. Интерполяция требует сложных вычислительных операций, но использование квадов позволяет существенно повысить эффективность этого процесса за счет определения базовых параметров для одного пиксела, а для остальных — векторов преобразований. После установки и интерполяции параметров происходит закраска фрагментов в пиксельном процессоре.

Пиксельный процессор

После расчета значений цвета в пиксельном процессоре происходит смешение (если включен соответствующий режим) или просто запись результирующих значений цвета и глубины в буфер кадра. На этом этапе возможно выполнение дополнительных операций: гамма-коррекции, вычисление самого дальнего значения глубины блока 4х4 для пересылки в иерархический буфер глубины, сжатие Z-координат и прочих.

В пиксельном процессоре в обработке находится одновременно несколько сотен квадов. Для процессора квад представляет собой структуру

данных, содержащую информацию о флаге видимости каждого пиксела, флаге значения предиката для каждого пиксела, значение Z-координаты и возможное значение буфера шаблонов, два векторных регистра вещественных чисел.

Все обрабатываемые квады по очереди проходят через длинный пиксельный конвейер, состоящий из АЛУ, двух текстурных модулей и затем еще двух АЛУ. Полная длина конвейера — более двух сотен ступеней. Большая часть (около 170 ступеней) приходится на операции выборки и фильтрации текстур, выполняемые в текстурных блоках. В нормальном режиме работы конвейер способен выдавать по кваду за такт.

По сравнению с описанной архитектурой *GPU NV40,* пиксельные процессоры *GPU R420* не поддерживают динамические ветвления в пиксельных шейдерах. Доступны только статические (то есть заданные извне, из вершинного шейдера) условия, циклы и ветвления. Архитектурой *R420* предусмотрено четыре блока по четыре пиксельных конвейера. Каждый блок умеет работать с квадом, что дает 16 выводимых пикселов за такт. Каждый пиксельный блок имеет независимую управляющую логику, кэш-память, блоки выборки текстур и сами пиксельные процессоры. Такая структура пиксельных конвейеров помогает уменьшить задержки блока закраски графического процессора и оптимально использовать вычислительные мощности *GPU.*

Встроенный ускоритель графики

Большинство покупателей знает, что неотъемлемой частью компьютерной системы служит графический ускоритель (видеоадаптер). У нас в России традиционно считается, что ускоритель графики непременно должен быть представлен отдельной видеокартой, занимающей специальный слот. Заметим, что стоимость видеокарты начального уровня (не самого последнего поколения) составит около полутора тысяч рублей. Видеоадаптер, встроенный в микросхему системной логики (чипсет материнской платы), опять же согласно традиции, рассматривается как неполноценное, «инвалидное» решение, уступающее даже самой дешевой видеокарте.

Как сегодня обстоят дела на самом деле? Можно ли верить устоявшемуся мнению? Попробуем оценить возможности современных встроенных ускорителей графики. В первую очередь обратим внимание на качество *2D*-графики. Именно оно в значительной мере влияет на удовлетворенность пользователя видеоподсистемой. Ведь и операционная система, и львиная доля деловых приложений работают в *2D*-режиме. Только игры и узкоспециальные программы трехмерного моделирования реально используют *3D*-возможности видеокарты.

Буквально несколько лет назад встроенные графические адаптеры обеспечивали качество не выше удовлетворительной оценки, особенно при разрешениях 1280x1024 точек и больше. Была заметна недостаточная производительность встроенных *RAMDAC,* приводившая к некоторой «замыленности» изображения.

В современных чипсетах ситуация изменилась радикально. Например, чипсет *Intel 915G* содержит графическое ядро *Intel Graphics Media Accelerator 900,* которое имеет *RAMDAC* с рабочей частотой 400 МГц. Чуть меньше (350 МГц) частота *RAMDAC* встроенного ускорителя чипсета *nForce2 IGP* компании *nVidia.* Эти значения полностью соответствует требованиям к качественному воспроизведению *2D*-графики с разрешением до 1600x1200 точек.

Таким образом, качество и производительность в *2D*-приложениях у встроенных ускорителей и видеокарт практически идентичны. Этому в значительной мере способствовало внедрение новых типов оперативной памяти: *DDR SDRAM* и *DDR2 SDRAM.* Как известно, встроенный ускоритель использует для своих нужд часть оперативной памяти. Например, при разрешении 1600x1200 точек, частоте обновления экрана 85 Гц и 32-битном цвете ускоритель требует пропускной способности канала около 700 Мбайт/с.

Двухканальная память *DDR SDRAM* стандарта *PC3200* обеспечивает пропускную способность до 6400 Мбайт/с. То есть графический ускоритель даже в самых тяжелых условиях займет примерно 11% пропускной способности шины памяти. На реальных задачах такие потери практически незаметны.

Слабым местом встроенных ускорителей является работа с *3D*-графикой «тяжелого» класса. Встроенное графическое ядро неплохо справится с простыми трехмерными задачами, например воспроизведением объектов *VRML* в Интернете. Имея чипсет с современным графическим ядром, можно запустить сложную трехмерную игру, но комфортный игровой процесс гарантирован не будет. Наконец, было бы безумием ставить перед встроенным ускорителем задачи моделирования и рендеринга в *3DS MAX.*

Встроенные графические ускорители уступают типовым видеокартам в функциональности. Как правило, видеокарты оснащают выходом *TV-Out,* цифровым интерфейсом *DVI,* зачастую выходом на второй монитор. Изначально встроенное графическое ядро лишено таких функциональных элементов, но ничто не мешает производителям системных плат реализовать их отдельно, что некоторые с успехом делают. Другой вопрос, что перечисленные «навороты» вряд ли будут востребованы типичным покупателем, для которого достаточно офисных возможностей встроенной графики.

Современные чипсеты с интегрированной графикой

nVidia nForce2 IGP

Первый чипсет, действительно не уступающий видеокартам начального уровня своего поколения. Например, его графическое ядро *NV17* аналогично ядру видеокарты *GeForce4 MX420.* В настоящее время слегка устарел, поскольку поддерживает в полной мере технологии *3D* только поколения *DirectX* 7. Однако для работы с офисными приложениями, *2D*-графикой, просмотра фильмов, запуска простых игр возможностей *NV17* вполне достаточно. В частности, *RAMDAC* с рабочей частотой 350 МГц является одним из лучших в своем классе. При запуске игр поколения *DirectX 7* «старичок» *nForce2 IGP* опережает гораздо более современные чипсеты с интегрированной графикой. Можно запустить на компьютере с *nForce2 IGP* и современные игры, но качество графики вряд ли покажется удовлетворительным, а низкая частота смены кадров не способствует комфортному игровому процессу.

В настоящее время на многих системных палатах северный мост *nForce2 IGP* комплектуют современным вариантом южного моста, поддерживающим интерфейсы *SATA, Gigabit Ethernet, UltraATA 133,* восемь портов *USB 2.0,* технологию *RAID.* Для процессоров *Athlon XP* и *Sempron* материнские платы на чипсете *nForce2 IGP* остаются единственно возможным решением современного уровня с встроенной графикой.

ATI Radeon 9100 IGP

Чипсет предназначен для платформы *Intel Pentium 4* и в момент своего появления стал сильным конкурентом «родных» чипсетов *Intel* со встроенной графикой *845GE* (ядро *Extreme Graphics*) и *865GE* (ядро *Extreme Graphics 2).* Графическое ядро представляет собой урезанный до двух конвейеров рендеринга вариант классического *Radeon 8500. ATI Radeon 9100 IGP* аппаратно поддерживает 3D графику поколения *DirectX 8.1.* При частоте ядра 300 МГц обеспечивается приличная скорость в не слишком сложных играх, движок которых использует *DirectX 8.* Более свежие игры выглядят на экране не так приятно, поскольку используют шейдеры, не поддерживаемые ядром. За вывод изображения на монитор отвечает *RAMDAC* частотой 300 МГц. Наверное, этого недостаточно для картинки уровня *HDTV,* но для офисных задач вполне приемлемо.

В модификации *Radeon 9000 IGP* отсутствует поддержка второго канала памяти *DDR SDRAM,* что немного снижает его производительность. Модификация *Radeon 9100 Pro IGP* отличается аппаратным сглаживанием (деинтерлейсингом) *MPEG2* и оптимизированным контролером памяти.

Популярности комплекта системной логики *ATI Radeon 9100 IGP* сильно помешал южный мост *IXP*. Его модификации *IXP 150/200/250/300* по функциональности мало соответствовали текущим требованиям пользователей. К тому же мосты соединяются устаревшей шиной *PCI* с низкой пропускной способностью.

ATI Radeon Xpress 200

Чипсет стал первым набором системной логики с интегрированной графикой для платформы *AMD Athlon 64.* Также впервые графическое ядро *RS480* получило интерфейс *PCI Express.* До этого во всех чипсетах использовалась шина *AGP.* Для улучшения обмена с памятью реализована схема монтажа отдельной видеопамяти *(SidePort)* на системной плате. Графическое ядро может работать в трех режимах использования памяти: только *SidePort, SidePort* вместе с оперативной памятью, только оперативная память. Эта технология получила корпоративное название *ATI Hyper Memory.* Теоретически *SidePort* может иметь до 128 Мбайт локальной видеопамяти *DDR SDRAM* на 64-разрядной шине с рабочей частотой до 350 МГц, что обеспечивает пропускную способность до 2,7 Гбайт/с.

Благодаря тому что графическое ядро *RS480* основано на ядре «нормального» чипа *Radeon X300,* отличаясь от него урезанным до двух каналов конвейером, впервые была обеспечена полноценная аппаратная поддержка функций *DirectX 9* (вершинные и пиксельные шейдеры версии 2.0).

RAMDAC чипсета с рабочей частотой 400 МГц имеет два независимых выхода на мониторы, встроенную поддержку *TV-Out* и цифрового выхода *DVI.* Тем самым функционально интегрированный графический ускоритель ни в чем не уступает типовой видеокарте.

Южный мост набора системной логики *ATI Radeon Xpress 200* поддерживает все современные технологии (за одним исключением): два канала *UltraATA 133,* четыре порта *SATA,* массивы *RAID,* звук *AC'97.* К сожалению, нет встроенной поддержки *Ethernet,* в этом компания *ATI* положилась на производителей материнских плат.

Комплект *ATI Radeon Xpress 200* в отсутствие других наборов системной логики с интегрированным графическим ядром для *AMD Athlon 64,* смотрится совсем неплохо. Учитывая мощность платформы, его можно представить как основу системы для инженерных и научных расчетов или домашнего неигрового компьютера. Для офиса производительность (и цена) платформы избыточна, для *3D*-графики и современных игр возможностей *ATI Radeon Xpress 200* недостаточно.

Intel GMA 900

В результате длительной разработки из недр лабораторий *Intel* вышло новое встроенное графическое ядро, получившее название *Graphics Memory Accelerator 900.* Оно имеет так называемую тайловую архитек-

туру, как и предыдущая линейка интегрированной графики *Extreme Graphics.* У такого подхода есть свои преимущества и недостатки. Главное преимущество: низкие требования к объему и пропускной способности памяти, поскольку в каждый момент обрабатывается лишь небольшая часть (тайл) картинки. Главный недостаток: сортировка массива треугольников в сцене выполняется центральным процессором. В результате графическое ядро тайловой архитектуры хорошо работает в играх с небольшим числом полигонов в сценах и сильно тормозит в играх, где массив треугольников насчитывает несколько десятков тысяч. Даже самый мощный современный процессор не способен вовремя справиться с сортировкой сотен тысяч вершин. В графических адаптерах традиционной архитектуры этим занимается специальный конвейер вершин, выполняющий свою работу на порядки быстрее.

Несмотря на заявление *Intel* о поддержке в *GMA 900* функций *DirectX 9,* речь идет о программной эмуляции вершинных шейдеров, но не аппаратном конвейере. С другой стороны, четыре пиксельных конвейера аппаратно поддерживают шейдеры второй версии.

Функциональность встроенного графического ускорителя расширяется с помощью карты *ADD2,* устанавливаемой в разъем *PCI Express x16.* Компьютер при этом получает *TV-Out* и цифровой выход *DVI.* Если же установить в слот видеокарту, встроенная графика автоматически отключается.

Ядро *GMA 900* реализовано в комплекте системной логики *Intel 915G.* Северный мост поддерживает память *DDR2-533,* процессоры *Pentium 4* с частотой системной шины 533 и 800 МГц, интерфейс *PCI Express xl6.* Южный мост *ICH6R* обеспечивает функционирование интерфейсов *PCI Express x1, PCI, 10/100 Ethernet,* четыре порта *SATA, RAID,* один канал *UltraATA 100, Intel HD Audio,* восемь портов *USB 2.0.*

Краткий итог

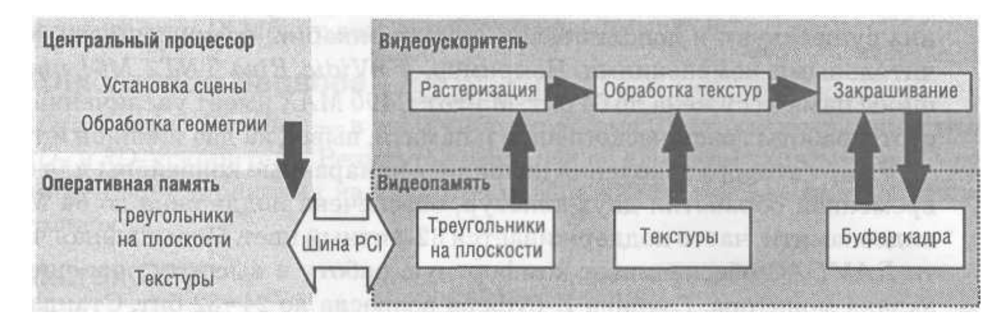
Встроенные графические ускорители современного уровня пока редки *(Intel GMA 900, ATI Radeon Xpress 200).* Они могут работать с *2D*-графикой без всяких нареканий. Игры на движках *DirectX 7* и *DirectX 8* «в исполнении» встроенных ускорителей выглядят вполне приемлемо, хотя частота смены кадров не удовлетворит заядлого геймера. Трехмерные игры последнего поколения и тяжелые *3D*-приложения однозначно потребуют установки отдельной видеокарты. Функциональность встроенных ускорителей пока уступает типовым видеокартам.

Область применения систем с встроенными графическими ускорителями: офисный компьютер, Интернет-станция, домашний мультимедийный компьютер с пониженными требованиями к комфортности игр, инженерные и научные расчеты, допечатная подготовка и другие приложения с невысокими требованиями к *3D*-графике.

Развитие графических процессоров

Первое поколение (1995-1997)

Первое поколение графических ускорителей представлено чипами, которые одинаково хорошо могут жить и на шине *PCI,* и на шине *AGP.* То есть их производительность не превосходит пропускной способности шины *PCI,* и потому вариант *AGP* ничем не лучше. Среди изделий первого поколения можно выделить модели *Voodoo Graphics* и *Voodoo Rush* компании *3Dfx, Riva 128* и *Riva 128ZX* компании *nVidia.* Напомним некоторые показатели этих ветеранов. Ядро ускорителя обычно рассчитано на обработку только трехмерных объектов. Как правило, видеоускорители несут на борту 4 Мбайт видеопамяти, встречаются варианты с 8 Мбайт видеопамяти.



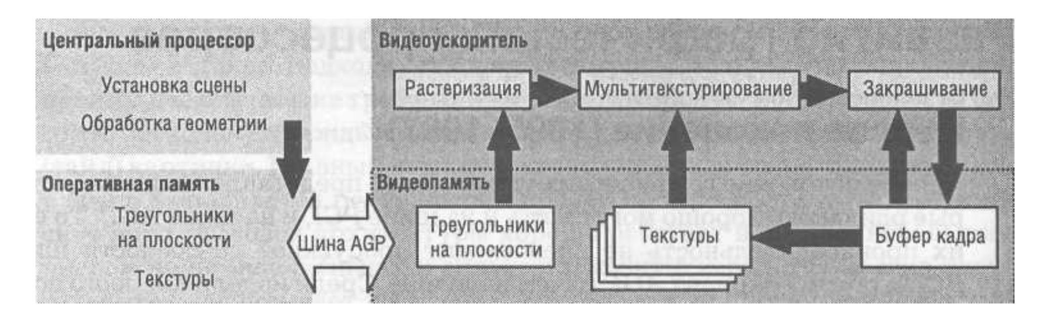
Принцип работы ускорителей первого поколения

3Dfx Voodoo Graphics имеет блоки обработки буфера кадра и буфера текстур, каждый со своим блоком памяти. Обработка двумерной графики не поддерживается, поэтому ускоритель ставится параллельно с обычной видеокартой. Максимальное разрешение 800x600 точек, 16-битный цвет, обработка 0,5 млн. треугольников в секунду, скорость заполнения 50 млн. пикселов в секунду.

nVidia Riva 128 имеет 128-разрядную шину памяти, комбинированный *2D/3D* ускоритель, поддерживает до 4 Мбайт видеопамяти, имеет варианты исполнения с интерфейсами *PCI* или *AGP.* Модель *128ZX* отличается поддержкой до 8 Мбайт видеопамяти. Глубина цветового охвата 16 бит, обработка 5 млн. треугольников в секунду, скорость заполнения до 100 млн. пикселов в секунду.

Второе поколение (1997-1999)

Второе поколение охватывает широкий круг видеокарт, которые нормально работают только на шине *AGP,* так как их производительность в



Принцип работы видеоускорителей второго поколения

принципе превышает возможности шины *PCI.* Ко второму поколению относятся чипсеты *3Dfx Voodoo2, 3Dfx Voodoo Banshee, nVidia Riva TNT, Matrox G200, S3 Savage 3D, i740* и более поздние *3Dfx Voodoo3, 3Dfx VSA-100, nVidia Riva TNT2, Matrox G400, S3 Savage4, ATI Ragel28.* Среди них существуют и дополнительные модификации, отличающиеся незначительными изменениями. Например, у *nVidia Riva TNT2 M64* ширина шины памяти сужена до 64 бит, *Matrox G400 MAX* имеет увеличенные частоты работы графического ядра и памяти, вывод на два дисплея и т. д.

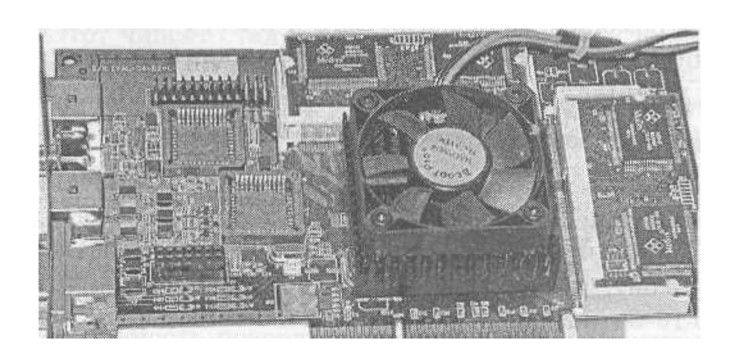
У карт второго поколения появились аппаратные конвейеры для одновременной обработки двух текстур, обеспечена поддержка до 64 Мбайт видеопамяти, часто поддерживается 32-битный цвет. Повышенная частота *RAMDAC* обеспечивает комфортную работу в высоких разрешениях экрана монитора. Глубина Z-буфера возросла до 24-32 бит. Стандартом считается аппаратная поддержка мультитекстурирования, анизотропной фильтрации и прочих современных технологий.

3Dfx Voodoo2

3Dfx Voodoo2 для своего времени оказался очень приличным чипсетом, хотя по прежнему не имел 2D-ядра. Два блока обработки текстур работают параллельно в режиме мультитекстурирования. В обычном режиме второй блок простаивает. Производительность достигает 3,3 млн. треугольников в секунду, скорость заполнения — до 180 млн. пикселов в секунду. К сожалению, разрядность Z-буфера и глубина цветового охвата всего по 16 бит. Объем памяти на карте 8 или 12 Мбайт.

nVidia Riva TNT

nVidia Riva TNT по праву считается одним из лучших чипсетов своего поколения. Отличается высоким качеством картинки как в *2D-,* так и в *3D*-графике. Два конвейера обработки текстур позволяют выполнять мультитекстурирование за один проход. Глубина Z-буфера составляет 24 бит. Впервые аппаратно поддерживаются рельефное текстурирование, трилинейная фильтрация, анизотропная фильтрация, глобальное сглажи-



Ускоритель nVidia Riva TNT

вание. Обрабатывается до 6 млн. треугольников в секунду, скорость заполнения достигает 250 млн. пикселов в секунду. Обычно на видеокарте размещается 16 Мбайт локальной памяти.

3Dfx Voodoo Banshee

3Dfx Voodoo Banshee — в этом чипсете фирма *3Dfx* впервые совместила *2D*- и *3D*-ускорители. Результат оказался не слишком удачным: в *2D*-режиме были нарекания на качество изображения, в *3D* — на производительность.

Matrox G200

Matrox G200 произвел фурор среди профессионалов, работающих с *2D*-графикой, но в трехмерном мире не блистал, хотя вроде бы имел все необходимые аппаратные элементы. Отличается великолепным качеством двумерных изображений, поэтому часто рекомендуется как недорогое решение для рабочей системы, на которой играют лишь изредка. Обрабатывается до 1,5 млн. треугольников в секунду, скорость заполнения — до 100 млн. пикселов в секунду.

Savage 3D

Savage 3D, Savage 4 выглядели как недоношенные детки фирмы *S3.* При вполне приличных заявленных характеристиках демонстрировали низкое качество картинки, конфликтовали с различным «железом» и программами. Качественных драйверов для них так и не появилось.

Matrox G400

Matrox G400 выступил верным продолжателем дела *G200.* Сохранив великолепное качество двумерной графики, чипсет значительно улучшил показатели в *3D,* лишь незначительно уступая «одноклассникам» *TNT2* и *Voodoo3. G400* единственный в своем поколении аппаратно обрабатывает

текстуры с помощью технологий *EMBM* и *Dot Product.* В варианте *G400 MAX* обсчитывается около 5 млн. треугольников в секунду, а скорость заполнения достигает 150 млн. пикселов в секунду.

3Dfx Voodoo 3

3Dfx Voodoo 3 имел различные модификации (с обозначением *2000, 3000, 3500),* отличающиеся рабочими частотами ядра и памяти, а также объемом последней. Фирма почему-то упорно ориентировалась на Z-буфер глубиной 16 бит, что было совершенно недостаточно для игр, на поддержку только 16-битного цвета и текстур с максимальным размером 256x256 точек. Ускоритель (в модификации *3000)* обрабатывает до 7 млн. треугольников в секунду и обеспечивает скорость заполнения за счет работы двух параллельных конвейеров до 166 млн. пикселов в секунду.

nVidia Riva TNT2

nVidia Riva TNT2 многими считается лучшим чипсетом второго поколения, выпускался также в модификациях *M64, Vanta* и *Ultra.* В варианте *Ultra,* имея 32 Мбайт видеопамяти, чипсет обрабатывает 8 млн. треугольников в секунду, скорость заполнения достигает 300 млн. пикселов в секунду. Отмечается высокое качество картинки при любом способе использования видеокарты. Недостатком считается подмена «честной» технологии трилинейной фильтрации ее подобием — трилинейной аппроксимацией.

ATI Rage 128

ATI Rage 128 оказался во всех смыслах средним чипсетом. Среднее качество *2D-* и *3D*-графики, средняя скорость в играх и мультимедийных приложениях. Единственным выдающимся параметром чипсета являются его средства обработки видео. Очень качественно воспроизводится видео формата *DVD,* с хорошим качеством осуществляется захват кадров и т. д.

3Dfx VSA-100

3Dfx VSA-100 (Voodoo Scalable Architecture — масштабируемая архитектура *Voodoo)* был призван стать основой целой линейки видеокарт, отличающихся лишь числом графических ускорителей и объемом памяти. То есть теоретически возможно разместить на видеокарте любое разумное число *VSA-100* (до 32 штук), лишь бы позволила пропускная способность шины *AGP,* габариты платы и температурный режим. Технология основана на разделении обработки кадра по строкам между процессорами. В зависимости от разрешения, цветового охвата, глубины Z-буфера, применяемых эффектов и других параметров трехмерной сцены, на каждый из чипсетов *VSA-100* может быть возложена обработка от 1 до 128 строк кадра. *VSA-100* выпускался по технологии 0,25 мкм, что вызывало проблемы с температурным режимом. Например, видеокарта на двух чипах

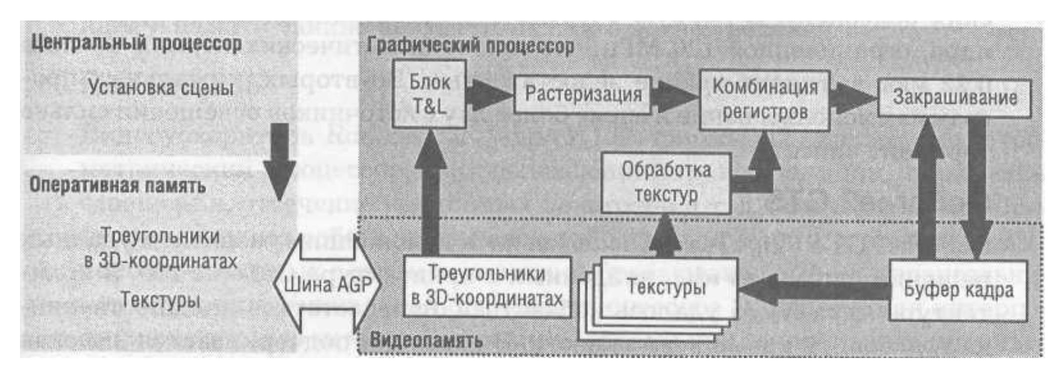
развивала тепловую мощность около 40 Вт, что по тем временам стало рекордом. Этот чипсет стал первым продуктом *3Dfx,* поддерживающим современные технологии — цветовой охват 32 бит, текстуры размером до 2048x2048 точек, 2 параллельных конвейера, Z-буфер глубиной 32 бит, компрессию текстур. Особое место занимала технология *T-buffer,* реализованная в архитектуре *VSA-100.*

T-buffer позволяет ускорить выполнение таких операций, как *Motion Blur, Soft Shadows, Soft Reflections, Depth Of Field, Full Scene Antialiasing.* Проблема заключается в том, что эти технологии все равно «съедают» вычислительные ресурсы и скорость падает.

Масштабируемость позволяет увеличивать число конвейеров и, тем самым, скорость заполнения. Например, карта *Voodoo5 5000* (имеет два процессора *VSA-100)* обеспечивает скорость заполнения до 666 млн. пикселов в секунду, а карта *Voodoo5 6000* (четыре процессора *VSA-100)* — уже до 1 333 млн. пикселов в секунду.

Поколение DirectX 7 (1999-2002)

Третье поколение включает видеоускорители, оснащенные принципиально новым элементом — геометрическим процессором. Тем самым значительная часть расчетов геометрических преобразований и параметров освещения снимается «с плеч» центрального процессора компьютерной системы. Такое решение позволяет значительно ускорить обработку трехмерных сцен. Однако следует подчеркнуть, что разработчики программ должны специально предусмотреть поддержку новых возможностей в своих приложениях. Согласование параметров железа и программного кода стало возможным благодаря принятию типового *API DirectX 7,* разработанного компанией *Microsoft.* С тех пор поколения графических процессоров принято различать по способности аппаратно реализовать функции какой-либо версии *DirectX.*



Принцип работы видеокарт поколения DirectX 7

GeForce 256

GeForce 256 фирмы *nVidia* стал одним из первых массовых графических чипсетов, в котором применен геометрический процессор *NV10,* оснащенный модулем *T&L* (*Transform and Lighting* — трансформаций и освещения).

Блок трансформаций обсчитывает вершины полигонов и нормали в трехмерной сцене в локальных координатах и в поле зрения камеры. Блок освещения определяет параметры освещенности вершин полигонов. Блок установок *(Triangle Setup)* обсчитывает величины смещений координат, значения буфера глубины, цветового охвата, приращения координат и коррекции перспективы. Все данные преобразуются в числовой формат с фиксированной точкой для последующей передачи в конвейер рендеринга.

Модуль *T&L* теоретически способен обработать до 15 млн. треугольников в секунду с динамическим расчетом освещенности от двух источников. Три и более источника света в сцене вызывают значительное падение производительности. Основные ограничения по производительности вносит именно блок расчета освещенности, который реально обрабатывает максимум 12,5 млн. треугольников в секунду.

Два конвейера обработки текстур способны обеспечить скорость заполнения до 480 млн. пикселов в секунду. При этом поддерживаются анизотропная фильтрация по восьми точкам, трехмерные текстуры, сжатие текстур, процедурное (программируемое) наложение текстур.

В *GPU GeForce 256* предусмотрена аппаратная поддержка воспроизведения видео формата *DVD* с аппаратной компенсацией движения. Также поддерживаются стандарты *HDTV* — телевидения высокой четкости. *RAMDAC* с частотой 350 МГц позволяет просматривать полноцветные изображения с высоким разрешением.

Однако, будучи первой ласточкой поколения *DirectX* 7 графических чипсетов, видеокарты на базе *GeForce 256* не избежали и некоторых «детских болезней». В первую очередь это касается частоты графического ядра, ограниченной 120 МГц, что при технологических нормах чипсета 0,22 мкм выглядит крайне недостаточным. Во-вторых, в реальных программах использование в сцене более двух источников освещения сильно тормозит чипсет.

GeForce2 GTS

GeForce2 GTS (GigaTexel Shader) явился дальнейшим развитием удачных решений фирмы *nVidia,* найденных в архитектуре *GeForce 256.* В архитектуре ядра *NV15* удалось избавиться от недостатков предшественника и добавить новые возможности. В названии подчеркивается высокая производительность конвейеров обработки текстур (каждый из которых

имеет по два блока вычислений), что обеспечило скорость заполнения до 1,6 млрд. пикселов в секунду.

Улучшены возможности геометрического процессора, который способен обработать до 25 млн. треугольников в секунду. Во многом это объясняется не только усовершенствованием архитектуры геометрического процессора, но и увеличением рабочей частоты графического ядра до 200 МГц. Теперь расчет освещенности от нескольких источников не вызывает столь значительного падения производительности, как у предшественника.

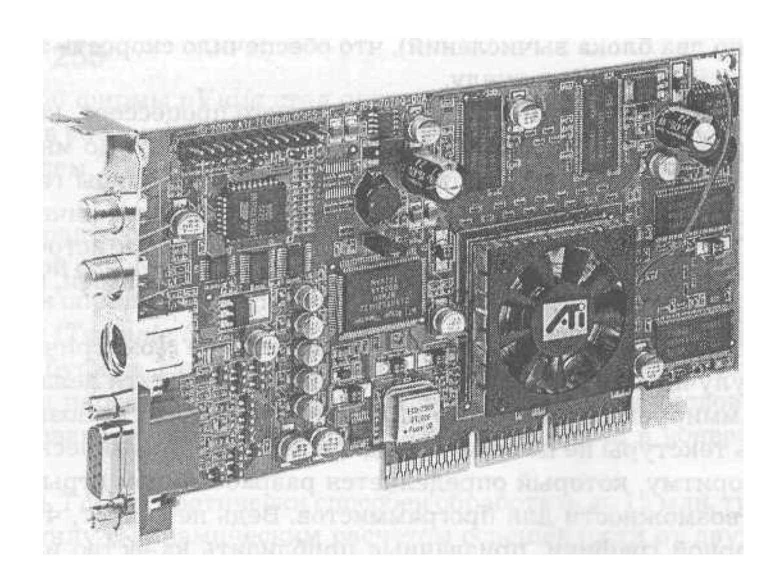
И все-таки «изюминкой» чипсета является не геометрический процессор, а улучшенный блок *Shading Rasterizer* — по сути дела, ограниченно программируемый процессор наложения текстур. Он позволяет накладывать текстуры не по заранее заданному, а по динамически изменяемому алгоритму, который определяется разработчиком игры. Это открыло новые возможности для программистов. Ведь не секрет, что технологии трехмерной графики, призванные приблизить качество изображения к фотореалистичному *(EMBM, 3D*-текстуры и пр.), применялись к ограниченному числу ключевых объектов в сцене, а все остальное закрашивалось по методу Гуро, то есть с весьма посредственным качеством. В играх, опирающихся на возможности *NV15,* вся сцена может рассчитываться с полной имитацией физического освещения благодаря динамическому изменению карт освещенности в блоке *Shading Rasterizer.*

На примере чипсета *GeForce2 GTS* выяснилось, что главным тормозом в повышении производительности видеоускорителей становится пропускная способность памяти. Даже модули *DDR SDRAM* при ширине шины 256 бит не могли справиться с гигантским потоком графических данных.

Облегченными модификациями стали версии с видеоускорителями *GeForce2 MX, GeForce2 MX 200, GeForce2 MX 400.* На них устанавливалось 32-64 Мбайт блоки памяти *SDRAM.* Главное отличие от полноценного *GeForce2* заключалось в отсутствии половины блока рендеринга и более узкой (128 бит) шине памяти. Кроме того, рабочие частоты графического ядра и памяти занижены по сравнению с полной версией.

Radeon 256

Видеоускоритель *Radeon 256* (ядро *R100)* фирмы *ATI* также имеет геометрический процессор, рассчитывающий трансформации, параметры освещения, отсечение невидимых полигонов и т. д. Геометрический процессор получил собственное название *Charisma Engine* и стал одним из наиболее быстрых в своем поколении, обрабатывая до 30 млн. треугольников в секунду. Уникальная функция процессора — аппаратная интерполяция переходов между ключевыми кадрами при воспроизведении видео в формате *MPEG-2.*



Ускоритель Radeon 256

Также интерполируются значения освещенности вершин полигонов на их стыках с использованием четырех матриц (у *GeForce* — две матрицы), что обеспечивает гладкие переходы на углах моделей. Аппаратно поддерживается динамический обсчет до 8 источников освещения в сцене.

Модуль обработки текстур и рендеринга имеет два пиксельных конвейера с тремя текстурными блоками в каждом, что позволяет выполнять трилинейную фильтрацию за один проход для двух полигонов. Скорость заполнения достигает 1,2 млрд. пикселов в секунду. Естественно, предусмотрена аппаратная поддержка технологий *EMBM, FSAA, Motion Blur, Depth of Field* и пр. Появился блок программируемой обработки текстур, что позволило реализовать новые эффекты в играх.

Позднее на базе *Radeon 256* выпускались модификации *Radeon VE* и *Radeon 7000* на ядре *RV100* с наполовину урезанным пиксельным конвейером. Версии на ядре *RV200* (линейка *Radeon 7500)* получили вершинный процессор с ограниченными возможностями.

Kyro/Kyro II

Видеокарты с графическим чипсетом *Kyro/Kyro II* фирм *STMicroelectronics* и *Imaginations Technologies* мало знакомы российскому пользователю. Тем не менее они были популярными на дешевых платформах, так как стоили заметно дешевле *GeForce2 MX* при несколько меньшей производительности. Их архитектура существенно отличается от известных решений, реализованных в *GeForce2* и *Radeon,* ибо основана на так называемой тайловой технологии.

Обычный видеоускоритель должен для каждого полигона сцены рассчитать цвет и видимость каждого пиксела. Для этого из видеопамяти считывается текстура и накладываются текселы (текстурные пикселы) на каждый пиксел объекта, определяя его цвет. Затем ускоритель определяет видимость каждого пиксела, используя Z-буфер для хранения информации о координатах глубины. Если пиксел видимый (перед ним нет непрозрачных полигонов), то он передается в кадровый буфер, а также может смешиваться с другим пикселом, если перед ним находится полупрозрачный полигон. В итоге существенная доля ресурсов расходуется на текстурирование пикселов, которые остаются невидимыми. Именно эти операции более всего нагружают шину памяти, сдерживая эффективность графического процессора.

Рендеринг в *Kyro/Kyro II* организован совершенно иначе. Весь экран (плоскость проецирования) разбивается на миниатюрные прямоугольники размером 32x32, или 32x16 пикселов. Эти блоки названы тайлами. Благодаря малому размеру таил целиком размещается в тайловом буфере, встроенном в ядро графического процессора. В этом буфере (глубиной 32 бит) происходит отсечение невидимых поверхностей, а видимые поверхности текстурируются и передаются в буфер кадра. Сортировка полигонов, обработка пикселов и другие операции производятся именно в тайловом буфере, не задействуя ресурсы памяти.

Все тайлы обрабатываются последовательно, чем достигается очень высокая производительность сортировки полигонов. Действительно, не имея геометрического процессора, *Kyro II* способен обрабатывать до 30 миллионов треугольников в секунду.

Благодаря тайловой архитектуре не происходит лишних обращений к памяти, потому что текстурируются только видимые пикселы. Локальная видеопамять не используется для Z-буфера. Все процессы отсечения невидимых поверхностей происходят с 32-битной точностью, что исключает ошибку при наложении полупрозрачных текстур.

Перспективной возможностью чипов, использующих тайловую архитектуру, является распараллеливание работы на несколько контроллеров. Теоретически можно создать видеокарту с двумя, четырьмя и более чипами *Kyro,* практически масштабировав производительность в два или четыре раза соответственно.

Savage 2000

Видеоускоритель *Savage 2000* фирмы *S3* стал объектом язвительной критики благодаря «виртуальному» геометрическому процессору. В большинстве приложений его преимуществ обнаружить никак не удается. Хотя *S3* успела объявить о выходе *Savage 2000* с геометрическим процессором *T&L* на три дня раньше, чем *nVidia* выпустила на рынок *GeForce,* проблемы с геометрическим процессором заставили срочно готовить ис-

правленную версию — *Savage 2000+*. Однако после перехода *S3* в руки *VIA Technology* производство было свернуто.

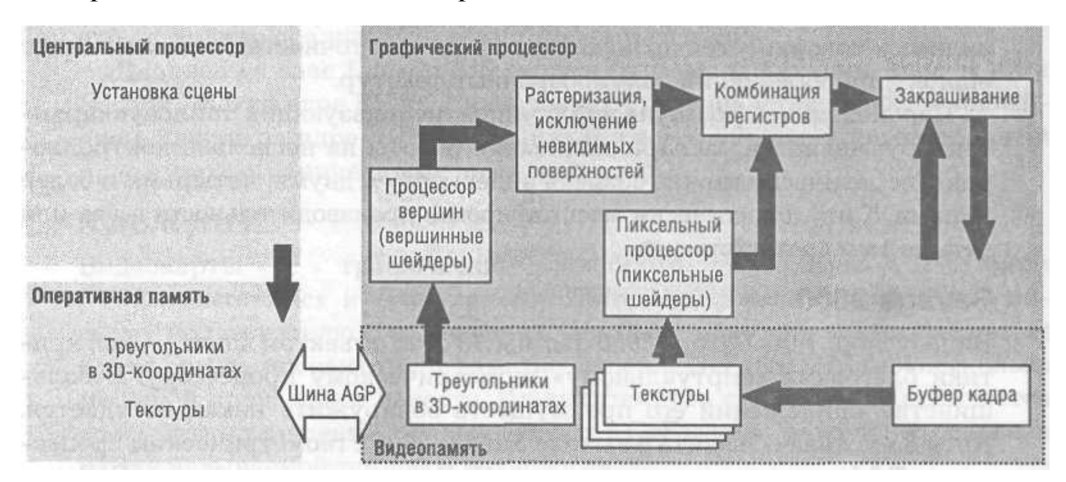
Главное достоинство *Savage 2000* заключалось в аппаратной поддержке изобретения *S3* — технологии сжатия текстур *TC*. Благодаря этому игры, использующие большие текстуры (например, *Unreal Tournament),* на *Savage 2000* идут с более высокой частотой кадров, чем на других ускорителях. К сожалению, на этом достоинства заканчиваются. Нельзя не упомянуть о качестве драйверов — никуда не годные драйвера стали непременной принадлежностью продукции *S3*. Отсюда торможение в играх, жуткие искажения картинки, невозможность установки на некоторые материнские платы и многие другие проблемы.

Поколение DirectX 8

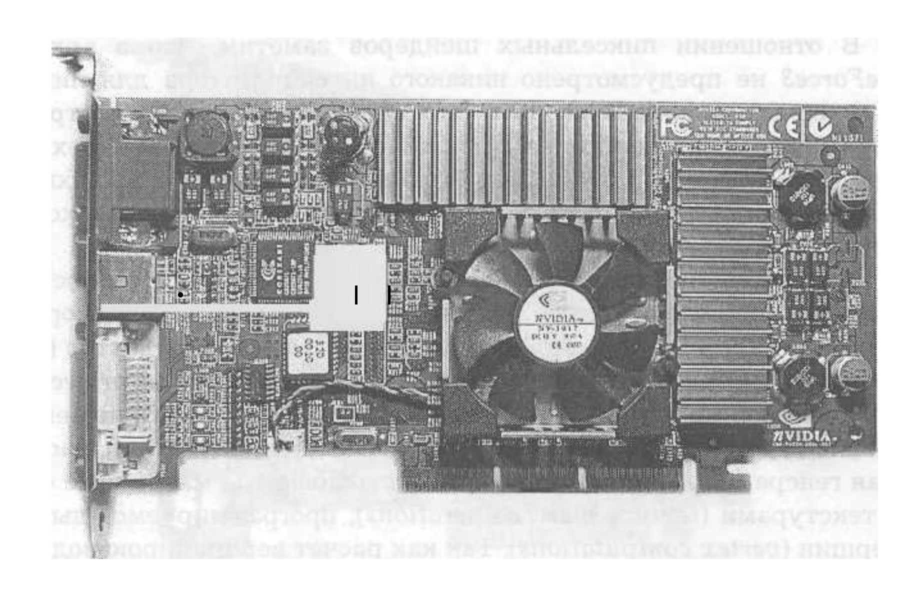
Отличительной чертой видеокарт поколения *DirectX 8* стало появление программируемого блока обработки атрибутов вершин (процепссора вершин). Программы обработки (вершинные шейдеры) поначалу выполняли геометрические операции, затем могли работать с цветом вершин и прозрачностью. Подобный блок для расчета цвета пикселов на основе пиксельных шейдеров стал частью пиксельного конвейера.

GeForce3

Графический ускоритель *GeForce3* на ядре *NV20* компании *nVidia* впервые аппаратно стал поддерживать пиксельные и вершинные шейдеры, предусмотренные спецификацией *DirectX 8*. По сравнению с *GeForce2* архитектура *NV20* имеет многочисленные усовершенствования как в схемотехнике, так и методах реализации функций, что существенно подняло производительность видеокарт.



Принцип работы видеокарт поколения DirectX .



Ускоритель nVidia GeForce3

На технологическом уровне применение норм 0,15 мкм и монтаж в семь слоев позволили уложиться в приемлемый температурный режим при числе транзисторов в кристалле около 57 миллионов.

Главное достижение разработчиков при создании *GeForce3* заключается в разработке программируемого графического процессора. Прежде все операции графического конвейера были жестко заданы схемотехникой графического ядра. Любое отступление каралось переносом расчета операции в центральный процессор. Используя возможности *GeForce3,* программисты могут использовать модуль *nfiniteFX* для манипуляций с вершинами треугольников (механизм вершинных шейдеров) и пикселами налагаемых текстур (механизм пиксельных шейдеров) по своему усмотрению. Обе возможности включены в библиотеку *DirectX 8.0,* а также могут поддерживаться в новых реализациях драйверов *OpenGL.*

Огромное количество транзисторов в *GeForce3* не пропало даром. Результаты тестов показывают, что архитектура графического процессора хорошо сбалансирована. Использование множества кэшей (для значений текстур, буфера кадра, буфера глубины и геометрических данных) позволяет не тратить лишних тактов на ожидание данных.

Специальный механизм доступа к памяти (так называемый *crossbar* — перекрестный) с помощью четырех независимых контроллеров оптимизирует доступ различных блоков к выбираемым из памяти или получаемым от процессора данным, а также к результатам работы предыдущих блоков.

В отношении пиксельных шейдеров заметим, что в архитектуре *GeForce3* не предусмотрено никакого интерпретатора для пиксельных шейдерных команд. Программный код пиксельного шейдера транслируется в параметры настройки восьми блоков рендеринга четырех конвейеров обработки текстур. Важно понимать, что с точки зрения архитектуры восьмиступенчатый конвейер остался практически прежним, хотя и стал гибко настраиваемым.

Блок вершинных шейдеров имеет пиковую производительность 60 млн. треугольников в секунду. Это обеспечивает приемлемую скорость выполнения чрезвычайно сложных операций: морфинг объектов *(character morphing),* объемная теневая проекция *(shadow volume projection),* настраиваемое вершинное освещение *(vertex lighting),* настраиваемое наложение текстур на каркас *(skinning),* их смешение *(blending),* настраиваемая генерация координат текстур, настраиваемые матричные операции с текстурами *(texture matrix operations),* программируемое вычисление вершин *(vertex computations).* Так как расчет вершин производится графическим чипом, то освобождаются ресурсы центрального процессора. Это позволяет больше ресурсов уделять физической модели мира, имитации объектов, искусственному интеллекту.

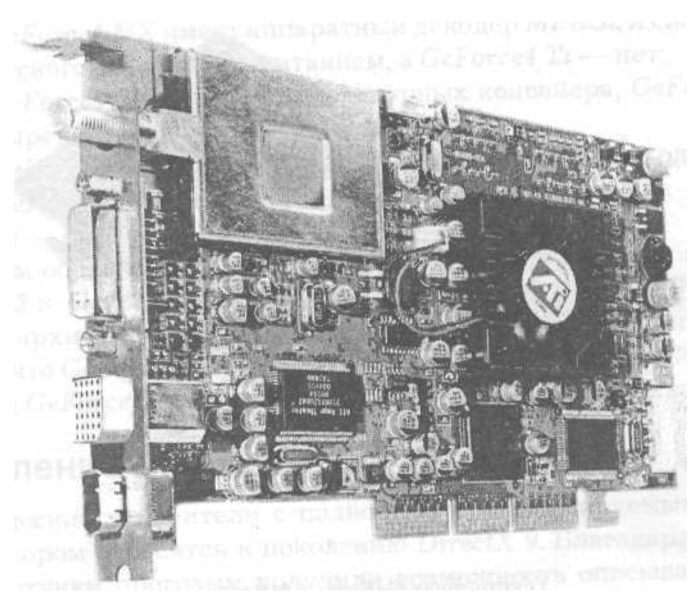
GeForce3 выпускался в нескольких модификациях, в том числе в дешевой *GeForce3 Titanium 200* и разогнанной *GeForce3 Titanium 500.*

Radeon 8500

Поколение *DirectX 8* в линейке продуктов канадской фирмы *ATI* представлено видеоускорителями *Radeon 8500* (ядро *R200), Radeon 9000* (ядро *RV250), Radeon 9200* (ядро *RV280).* Графический процессор производится по 0,15 мкм технологии и состоит из 60 миллионов транзисторов. Ядро кристалла имеет рабочую частоту 250 МГц, включает четыре конвейера рендеринга и блок вершинных шейдеров. Количество текстурных модулей уменьшено до двух на каждый пиксельный конвейер.

Теоретически скорость заполнения достигает 2 млрд. пикселов в секунду. Для соответствия высоким скоростям заполнения *ATI* увеличила частоту памяти до 550-600 МГц (используется технология *DDR).* Графический процессор задействует шину памяти шириной 128 бит (передача 256 бит информации за такт). Причем используется два канала шириной по 64 бит. Здесь заметно существенное отличие от архитектуры *GeForce3,* в котором организован 32-битный доступ в каждом из четырех независимых контроллеров памяти. Усовершенствованная технология экономии пропускной способности памяти *HyperZ II* (предварительного «отбрасывания» скрытых пикселов) позволяет графическому ядру получать доступ к памяти практически без ограничений.

Главной «изюминкой» *Radeon 8500* является программируемый графический процессор *SmartShader,* конкурент и, в какой-то мере, функци-



Ускоритель ATI Radeon 8500

ональный аналог механизма *nfiniteFX* процессора *GeForce3.* В фирме *ATi* считают *SmartShader* «умнее», так как в нем используется до шести тексельных входов на пиксел в вершинной программе, а также задействованы более длинные программы (22 инструкции против 12). Спецификации процессора *SmartShader* внесены в *DirectX 8.1* (пиксельные шейдеры версии 1.4 и вершинные шейдеры версии 1.1).

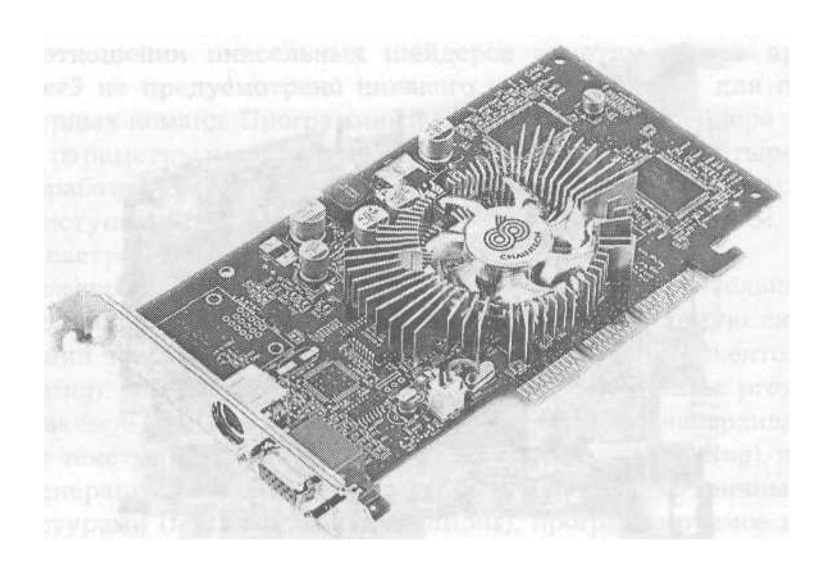
Обработка видео всегда была сильной стороной изделий *ATI.* Видеоускоритель *Radeon 8500* позволяет выполнять аппаратное декодирование *MPEG2,* компенсацию движения и *iDCT* для улучшения проигрывания *DVD,* равно как и запись *MPEG2.*

В блоке *Video Immersion II* используется улучшенный алгоритм сглаживания совместно с новой технологией преобразования частоты кадров для улучшения четкости и уменьшения подергивания.

GeForce4

В 2002 г. фирма *nVIDIA* представила новую гамму продуктов поколения *DirectX 8* под названием *GeForcei.* Номенклатура видеокарт разделена на две линейки: бюджетную на базе *GPU NV25* (*GeForce4 Ti4200, Ti4400, Ti4600*) и высокой производительности на базе ядра *NV28* (*GeForce4 Ti 4800*). Младшие модели характеризуются урезанными частотами ядра и памяти.

Лидером новой серии является чипсет *GeForce4 Titanium 4800* на ядре *NV28,* работающем на частоте 300 МГц, оснащенным четырехканальной 128 битной памятью *DDR SDRAM* с эквивалентной частотой 650 МГц.



Ускоритель GeForce 4 MX440

Основные отличия *GeForce 4* от *GeForce 3* заключаются в следующем:

- реализованы два независимых контроллера отображения *(CRTC),* что обеспечивает вывод разных (по разрешению и содержанию буферов кадра) изображений на два приемника сигнала;
- установлены два интегрированных в чипсет *RAMDAC* (поддерживающих 10-битную палитру) с частотой 350 МГц;
- в чипсет встроен интерфейс вывода сигнала на телевизор (TV-Out);
- для исключения двойного преобразования сигнала при выводе на цифровые дисплеи в чипсет интегрирован *TDMS*-трансмиттер (интерфейс *DVI*);
- добавлен еще один блок исполнения вершинных шейдеров, что позволяет обрабатывать две вершины одновременно;
- блок обработки текстур обеспечивает аппаратную поддержку пиксельных шейдеров до версии 1.3 включительно;
- предусмотрены четыре раздельных блока кэш-памяти для геометрических данных, текстур, буфера кадра и Z-буфера;
- усовершенствованы алгоритмы сглаживания *(Quincunx),* сжатия текстур, очистки Z-буфера, исключения невидимых поверхностей (Z *Cull HSR).*

Важные различия между версией *MX* (ядро *NV17)* и версией *Titanium (NV28* или *NV25):*

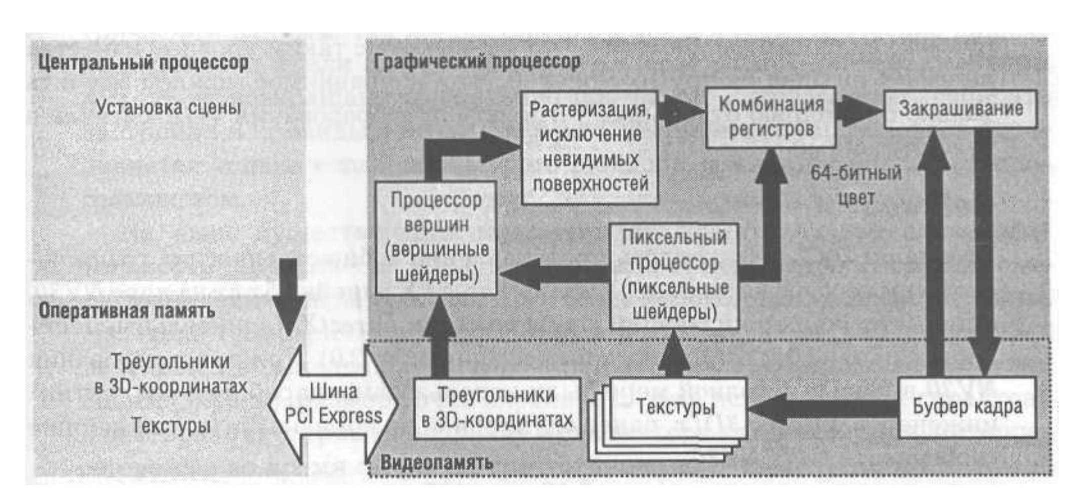
- *GeForce4 MX* не поддерживает пиксельные шейдеры;

- *GeForce4 MX* имеет аппаратный декодер *MPEG2* и систему динамического управления питанием, а *GeForce4 Ti* — нет;
- *GeForce4 MX* имеет два текстурных конвейера, *GeForce4 Ti* — четыре;
- *GeForcei Ti* имеет два блока *T&L, GeForce4 MX* — один;
- *GeForcei MX* имеет два встроенных контроллера *DVI, GeForce4 Ti* — один.

Таким образом, *GeForce4 MX* представляет собой гибрид архитектур *GeForce2* и *GeForce3/4* и относится к поколению *DirectX* 7. Анализ изменений в архитектуре *NV28* по сравнению с ядром *NV20* приводит к заключению, что *GeForce 4* серии *Titanium* является отлаженной и разогнанной версией *GeForce 3,* в полной мере реализующей спецификации *DirectX 8.*

Поколение DirectX 9

Графические ускорители с полностью программируемым графическим процессором относятся к поколению *DirectX 9.* Благодаря их появлению разработчики программ получили возможность описывать способы обработки графики с помощью команд, похожих на операторы языков программирования высокого уровня, например C++. В частности, компания *nVidia* даже разработала язык *Cg* (C *Graphics)* для программирования своих графических процессоров. Поддержка программируемых графических процессоров предусмотрена в *API DirectX* версии 9 различных версий. На момент написания книги последней была версия *9.0c,* поддерживающая вершинные и пиксельные шейдеры версии 3.0.



Принцип работы видеокарт поколения DirectX 9

Matrox Parhelia

Хотя большинство экспертов ожидало выхода первых графических чипов поколения *DirectX 9* из недр лабораторий *nVIDIA* или *ATI,* неожиданно «выстрелила» фирма *Matrox.* Графический процессор *Parhelia* (в дословном переводе с греческого — «ложное солнце») стал первым продуктом, поддерживающим функции *DirectX 9,* хотя и не в полной мере.

В частности, он может выполнять вершинные шейдеры версии 2.0, однако пиксельные шейдеры — только версии 1.3, что явилось следствием торопливости компании (ведь окончательная спецификация *DirectX 9* на момент выхода *Parhelia* не была утверждена).

С точки зрения топологии и технологии производства *GPU* также выглядит промежуточным вариантом. С одной стороны, применено 80 миллионов транзисторов, используется шина видеопамяти шириной 256 бит, 4 пиксельных конвейера по 4 текстурных блока в каждом и прочие передовые решения. С другой стороны, использованы технологические нормы 0,15 мкм (что ведет к высоким тепловым нагрузкам), не предусмотрено никаких мер по экономии пропускной способности шины памяти. В результате итоги многочисленных тестов показывают, что *Parhelia 512* заметно уступает в игровых приложениях даже чипам предыдущего поколения *GeForce 4* или *Radeon 8500.*

Однако у *Matrox Parhelia* есть и ряд неоспоримых преимуществ. Во-первых, это возможность вывода изображения на три монитора. То есть линейка из трех LCD-дисплеев позволит создать полноценную широкоформатную картинку, практически перекрывающую поле зрения человека. Во-вторых, это высочайшее качество телевизионного сигнала, формируемого видеокартой. Заметим, что ТВ-выхода с таким уровнем качества не имеет ни одна из других моделей. Что-то сравнимое можно получить только с помощью отдельных устройств преобразования VGA-сигнала в телевизионный.

GeForce FX

18 ноября 2002 г. состоялось представление «общественности» графического процессора компании *nVidia GeForce FX* линейки *5xxx* на ядре *NV30,* аппаратно поддерживающем спецификации *DirectX 9* (пиксельные шейдеры версии 2.0 и вершинные шейдеры версии 2.0). При проектировании *NV30* впервые в полной мере были использованы наработки коллектива инженеров фирмы *3Dfx,* ранее скупленной на корню *nVidia.* Важнейшие особенности *GPU NV30:*

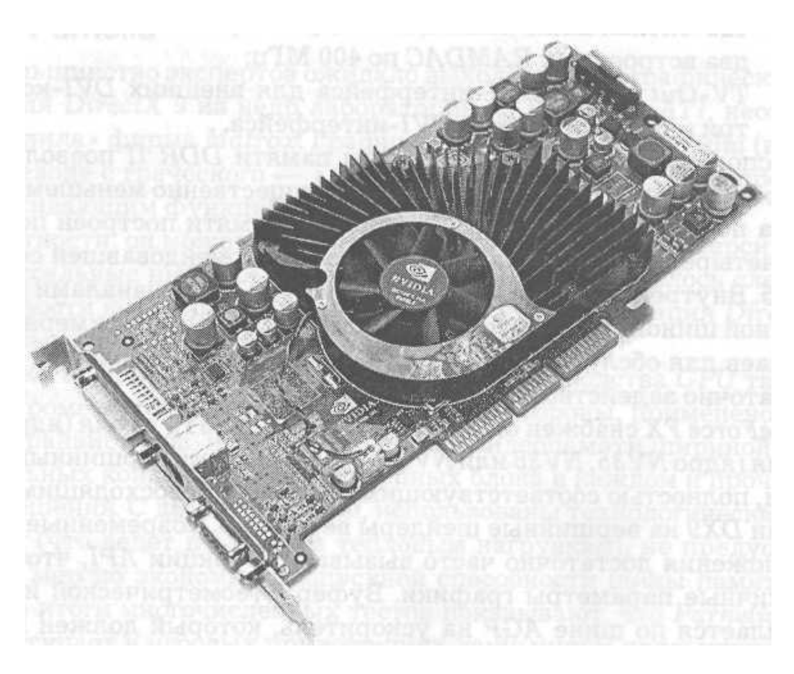
- технологические нормы 0,13 мкм, 125 миллионов транзисторов;
- два геометрических процессора;
- восемь пиксельных процессоров, восемь текстурных блоков;
- интерфейс *AGP 3.0 (8X);*

- 128-битная шина памяти *DDRII,* четырехканальный контроллер;
- два встроенных *RAMDAC* по 400 МГц;
- *TV-Out,* три *TDMS*-интерфейса для внешних *DVI*-контроллеров, три интегрированных *DVI*-интерфейса.

Использование 128-битной шины памяти *DDR II* позволило заметно снизить стоимость печатных плат при существенно меньшем времени доступа по сравнению с *DDR.* Контроллер памяти построен по перекрестной четырехканальной схеме, хорошо зарекомендовавшей себя на чипах *NV*25. Внутренние кэши *GPU* связаны с четырьмя каналами памяти и системной шиной коммутатором «каждый с каждым». Примерно в половине случаев для обслуживания нужд вершинных и пиксельных процессоров достаточно задействовать два канала.

GeForce FX снабжен одним (ядро *NV31* и *NV34),* двумя (ядро *NV30)* или тремя (ядро *NV35, NV36* или *NV38)* независимыми вершинными процессорами, полностью соответствующими (и даже превосходящими) спецификации *DX9* на вершинные шейдеры версии 2.0. Современные трехмерные приложения достаточно часто вызывают функции *API,* чтобы изменить различные параметры графики. Буфер с геометрической информацией отсылается по шине *AGP* на ускоритель, который должен провести обработку с участием ранее заданных шейдеров и текстур. Различные настройки накапливаются драйвером в специальном буфере в системной памяти. При необходимости нарисовать что-либо с их использованием ускорителю передается указатель на этот буфер. Начиная с этого момента, ускоритель самостоятельно интерпретирует буфер, настраивая свои внутренние блоки, и выводит на экран фигуры по переданным ему геоме трическим данным, так же постепенно выбирая геометрические данные из локальной и/или системной памяти. После забора данных драйверы *API* сразу возвращают управление программе и продолжают собирать настройки и команды в новом буфере. Интерпретация параметров определяется только кодом вершинного шейдера, т. е. написавшим его программистом.

На ныне существующих приложениях геометрическая производительность теоретически в 2-3 раза превышает показатели *NV25* благодаря увеличению числа процессоров и более высокой тактовой частоте ядра. На входе геометрических процессоров доступны до 16 четырехмерных векторов. На выходе получают позиции вершин в координатах проекции сцены (экрана), размер точки экрана (в случае использования спрайтов), 8 векторов текстурных координат и два вектора значений цвета, интерполируемые во время закраски треугольника для каждого пиксела. После интерполяции значения этих векторов поступают в пиксельный шейдер как входные параметры. Кроме того, в распоряжении программ 256 константных векторов, задаваемых извне, и 12 временных регистров общего



Ускоритель GeForce FX 5700 Ultra

назначения, используемых для хранения промежуточных результатов. Присутствуют четыре специальных регистра «сэмплера», позволяющие вершинному шейдеру выбирать значения из текстур. Это нужно для использования текстур в качестве карт смещения и других подобных эффектов. Каждый вершинный процессор *GeForce FX* имеет собственный указатель текущей команды и набор контрольной логики, отвечающей за реализацию переходов и циклов, что обеспечивает гибкость программирования шейдеров.

На вход пиксельного процессора поступают 8 интерполированных по поверхности треугольников текстурных координат (с перспективной коррекцией) и два интерполированных цветовых вектора. На выходе получают до четырех различных значений цвета, записываемых в разные выходные буферы кадра, и одно значение глубины. Можно использовать в шейдере вычисленное значение буфера глубины и исходное значение цвета в этой точке для реализации какого-либо собственного эффекта смешения или других операций. В ходе выполнения шейдера осуществляется выборка до 16 текстур. Собственно текстурный блок состоит из двух частей — набора интерполяторов и набора блоков, осуществляющих выборку данных из текстуры по запросу из шейдера. Появилась возможность регулировать соотношение между качеством и скоростью фильтрации, останавливаясь на оптимальном соотношении.

Интересная особенность *GeForce FX* — сжатие в буфере кадров не только значений глубины, но и цвета. Это позволяет быстро очистить буфер и уменьшить обмен с видеопамятью. В высоких разрешениях сжатие буфера дает весомую прибавку свободного места в локальной памяти. Практически вдвое увеличивается эффективность использования полосы пропускания шины памяти, что позволило ограничиться шиной шириной 128 бит в младших моделях. Однако позднее была использована шина шириной 256 бит в моделях старшего класса.

Видеоускоритель *GeForce FX5800* на ядре *NV30* оказался не слишком удачным. Среди недостатков отмечались сильный нагрев, высокая шумность системы охлаждения, сравнительно низкая производительность. *nVidia* попыталась исправить ситуацию с выпуском новой линейки *FX 5900* на ядре *NV35*. Архитектура ядра претерпела множество изменений и улучшений. К примеру, шина памяти была расширена со 128 до 256 бит. Тактовая частота уменьшена с 500 до 450 МГц, что позволило повысить выход годных кристаллов при производстве. Новая система охлаждения больше не донимала высоким шумом. В новом ядре существенно переработана архитектура блоков пиксельных шейдеров. *GPU NV35* способен выполнять в два раза больше операций с плавающей запятой по сравнению с *NV30*. А если компилятор сможет эффективно оптимизировать код, то производительность увеличивается примерно вдвое.

Одна из наиболее примечательных черт архитектуры *GPU NV30* — аппаратная поддержка так называемого «цветового сжатия». Оно оказывается особенно полезным при включении сглаживания. К примеру, при использовании *4X* сглаживания просчитываются четыре субпиксела для одного пиксела, затем финальное цветовое значение получается усреднением. Если все четыре субпиксела находятся внутри одного полигона и не принадлежат к его краям, то может быть использовано цветовое сжатие 4:1. Конечно, реальная эффективность, то есть число сжатых пикселей, зависит от используемой текстуры. В процессоре *NV35* эффективность технологии сжатия *HCT (high compression technology,* технология сильного сжатия) была улучшена примерно на 50 процентов.

Современные игры часто используют технологию «трафаретного затенения» *(Stencil Shadows)*. Сложность рендеринга теней негативно сказывается на игровой производительности. Технология *nVidia «UltraShadow»* позволяет разработчикам определять те части сцены, на которых тень будет видима, что исключает излишние вычисления. Одно из преимуществ графического процессора *GeForceFX* заключается в способности создавать объемные тени в один проход, в то время как другим процессорам на это требуется два прохода. Таким образом, архитектура *GPU NV35* благодаря многочисленным улучшениям, оптимизациям и доработкам, наконец, достигла и превзошла уровень производительности *R350*.

В линейке *GeForce FX 5xxx* представлены модели трех категорий:

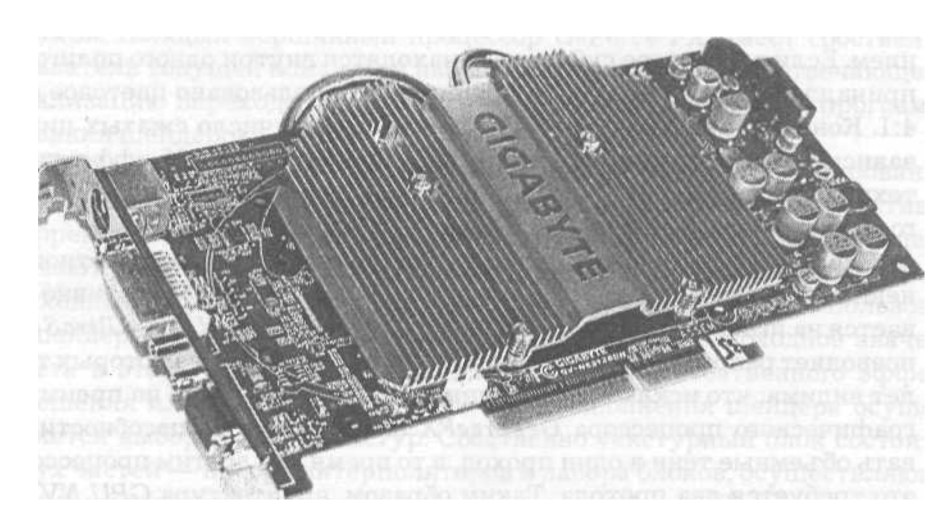
- бюджетные 5200 (ядро *NV34),* 5500 (ядро *NV34),* 5600 (ядро *NV31);*
- мэйнстрим 5700 (ядро *NV36)* и 5800 (ядро *NV30);*
- высшего класса 5900 (ядро *NV35)* и 5950 (ядро *NV38).*

GeForce семейства 6xxx

В 2004 г. компания *nVidia* разработала новое семейство графических процессоров *GeForce 6xxx,* аппаратно поддерживающее пиксельные и вершинные шейдеры версии 3.0, что отвечает спецификации *DirectX 9.0c.* Флагманом семейства стал видеоускоритель *GeForce 6800 Ultra* на ядре *NV40,* насчитывающем 222 миллиона транзисторов. Для сравнения, процессор *Pentium 4 EE* имеет 178 миллионов транзисторов, из них 149 миллионов составляют кэш второго уровня. Само же ядро процессора состоит всего из 29 миллионов транзисторов. Чип *NV40* производится для *nVidia* компанией *IBM* по технормам 0,13 мкм. Исходя из затрат на производство такого монстра, в момент появления на рынке *GeForce 6800 Ultra* цена в районе полкилобакса за видеокарту не выглядела чрезмерной.

Архитектура пиксельного конвейера графического процессора подверглась практически полному пересмотру. С предшествующей архитектурой *NV35/38* осталось мало общего. Дизайн пиксельного конвейера *NV40* можно определить как 16x1 (обработка 16 пикселов за такт по цвету и значению глубины) или 32x0 (обработка 32 пикселов за такт только по значению глубины).

Например, если программа активно использует трафаретные тени *(Stencil Shadow), NV40* может просчитать 32 пиксела за такт по значению



Вдеокарта с CPU GeForce 6800 и пассивной системой охлаждения

глубины в буфере *Z-Stencil.* Графический процессор *NV35/38* мог просчитать только 8 пикселов. Если в программе предусмотрено наложение одной текстуры, *NV40* может обрабатывать 16 пикселов за такт, а *NV35/38* только 4. При наложении двух текстур производительность *NV40* снижается до 8 пикселов за такт, а *NV35/38* сохраняет производительность 4 пиксела за такт.

В отличие от предшественника, пиксельный конвейер *NV40* оптимизирован для работы с вещественными числами с 32-битной точностью. Ранее разработчикам программ, ориентирующимся на геометрический процессор *NV35/38,* приходилось снижать точность пиксельных вычислений с плавающей запятой до 16 и даже 12 бит, чтобы получить приемлемую производительность. С появлением *NV40* обеспечивается полная производительность при точности вычислений 32 бит.

Каждый из 16 пиксельных конвейеров имеет два блока пиксельных программ и один текстурный процессор для обработки вещественных чисел. *NV40* также оснащен четырьмя кэшами текстур первого уровня, каждый из которых обслуживает четыре конвейера. Разгрузить интерфейс памяти помогает кэш второго уровня большого объема. Архитектура блоков пиксельных исполнительных блоков поддерживает технологию *SIMD* (одна инструкция — много данных). Первый блок пиксельных программ в каждом конвейере может выполнять как арифметические операции, так и чтение текстур или нормализацию. Второй блок предназначен только для арифметических операций.

В случае пиксельных шейдеров следует различать инструкции и операции. Инструкции определяют функции, которые необходимо применить к заданным компонентам пиксела: *R, G, B* и альфа (прозрачность). Блоки вершинных шейдеров затем выполняют свои вычисления (операции) в соответствии с этими инструкциями. Графический процессор *NV40* способен выполнить минимум четыре инструкции и восемь операций на пиксел за такт. В целом можно констатировать, что пиксельный конвейер *NV40* имеет высокую эффективность.

Перечислим новые функции блока пиксельных шейдеров:

- полная поддержка пиксельных шейдеров версии 3.0;
- одновременно 216 (всего 65535) длинных пиксельных программ;
- динамический контроль выполнения (циклы и ветвления, вызов подпрограмм и возврат);
- работа с вещественными числами с 32-битной точностью;
- гибкая поддержка формата данных (операндов и текстур) *FP32, FP16;*
- полноценная поддержка технологии *Miptapping* для двух текстур без потери производительности.

Блок вершинных шейдеров графического процессора *NV40* также значительно улучшился и расширился по сравнению с *NV35/38.* Архитектура

NV40 предусматривает 6 вершинных блоков, поддерживающих технологию *MIMD* (много инструкций — много данных). Согласно спецификации вершинных шейдеров версии 3.9 программы геометрических преобразований теоретически могут иметь бесконечную длину. Благодаря технологии динамического выполнения (больше вариантов по циклам и ветвлениям, новые функции подпрограмм) можно создавать более эффективный код и реализовывать новые методы для создания эффектов.

Перечислим основные функции блока вершинных шейдеров:

- полная поддержка вершинных программ 3.0;
- одновременно 216 (всего 65 535) длинных вершинных программ;
- обработка вершин с учетом карт смещения;
- динамическое управление потоком операций (циклы и ветвления, вызов подпрограмм и возврат);
- улучшенная организация потока вершин.

Высокую производительность *GPU NV40* обеспечивают не только геометрические и пиксельные конвейеры, но и применение технологий оптимизации: сжатие текстур, сжатие буфера глубины, сжатие цвета, специальный буфер трафаретных теней *Ultra Shadow II*. Видеокарта *GeForce 6800 Ultra* использует память *GDDR3* с пропускной способностью до 35,2 Гбайт/с.

Графические процессоры традиционно поддерживают ускорение вывода видео. Но. функции декодирования и кодирования сжатых форматов видео обычно остаются прерогативой центрального процессора. В семействе *GeForce 6xxx* предусмотрен отдельный программируемый видеопроцессор. Его можно считать чипом в чипе. Процессор поддерживает функции ускорения видео, а также оснащен аппаратным блоком кодирования/декодирования:

- адаптивное сглаживание;
- масштабирование и фильтрация;
- удаление блочности;
- встроенный ТВ-кодер;
- поддержка *HDTV* (в режимах до 720р, 1080г);
- поддержка *PVR* (цифровой видеомагнитофон);
- кодирование/декодирование *MPEG 1/2/4;*
- декодирование *WMV9.*

Аппаратных функции декодирования подключаются автоматически, поскольку драйвер перехватывает все запросы *DirectX* и направляет их на видеопроцессор.

Линейка видеокарт *GeForce 6xxx* оснащена либо интерфейсом *AGP,* либо мостом *nVidia HSI PCI Express,* либо «родным» интерфейсом *PCI Express.* Мост позволяет передавать данные по шине *AGP* со скоростью до *16x* (4,2 Гбайт/с) между графическим процессором и мостом.

Для электропитания *GeForce 6800 Ultra* компания *nVidia* рекомендует использовать системный блок питания с номинальной мощностью не менее 480 ватт. По данным компании, видеокарта потребляет около 110 Вт, две трети которых забирает графический процессор. Неудивительно, что видеокарта оснащена двумя разъемами питания и мощной системой охлаждения.

К исходу 2004 г. компания *nVidia* сформировала полную линию видеокарт семейства *GeForce 6xxx:*

- бюджетная линия 6200 (ядро *NV44);*
- мэйнстрим линия 6600 (ядро *NV43);*
- высокопроизводительная линия 6800 (ядро *NV40).*

Radeon 9500

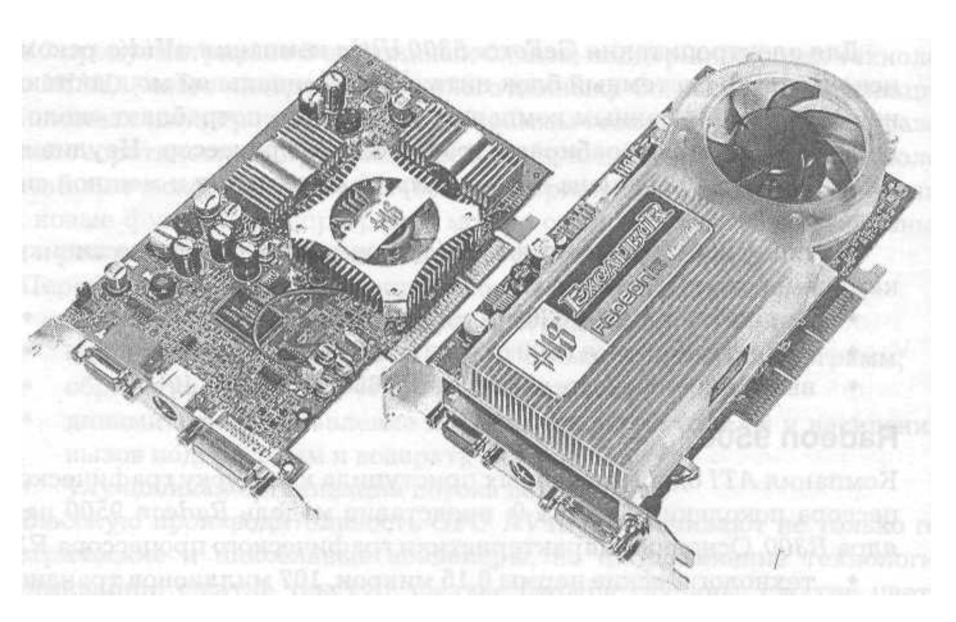
Компания *ATI* одной из первых приступила к выпуску графического процессора поколения *DirectX 9,* представив модель *Radeon 9500* на основе ядра *R300.* Основные характеристики графического процессора *R300:*

- технологические нормы 0,15 микрон, 107 миллионов транзисторов;
- память *DDR с* шириной шины 256 бит, тактовая частота 300 (600 *DDR)* МГц;
- четырехканальный контроллер памяти по перекрестной схеме;
- аппаратная поддержка функций *DirectX 9;*
- четыре вершинных процессора;
- восемь пиксельных процессоров, восемь текстурных блоков;
- два контроллера мониторов, два 400 МГц *RAMDAC, TV-Out, DVI* (*TDMS*-трансмиттер) интерфейс.

Таким образом, сразу после выхода на рынок *R300* стал одним из лидером в сфере игровых ускорителей. Причем как в плане совершенства архитектуры графического процессора, так и с точки зрения производительности.

Ранее *ATI* в своих ускорителях предпочитала двух- или одноканальные контроллеры памяти. Такой подход хорош для потоковых данных, но менее эффективен на сложных задачах, использующих множество потоков для доступа к памяти. Поэтому нет ничего удивительного в том, что *ATI* пошла по стопам *nVidia* и реализовала в *R300* четырехканальный контроллер памяти, работающий по перекрестной схеме. Совокупность технологий, применяемых для экономии полосы пропускания памяти, получила название *HyperZ III.* Суть осталась прежней: сжатие и быстрая очистка буфера глубины, а также три уровня иерархического представления Z-буфера для раннего определения видимости полигонов.

В графическом процессоре *R300* имеется 8 пиксельных конвейеров, каждый из которых снабжен собственным процессором, исполняющим пиксельные шейдеры. Пиксельный блок *R300* построен по конфигура-



Ускорители Radeon 9600 XT (слева) и 4800 Pro

ции 8x1, то есть к каждому пиксельному конвейеру привязан только один текстурный блок. Вычислительные возможности пиксельных конвейеров также направлены на решение части задач по кодированию и декодированию видеопотоков, конверсии цветовых пространств, деинтерлейсингу телевизионного изображения.

Конвейеры обработки вершин не претерпели существенных изменений по сравнению с *R200.* Главным нововведением стала возможность управлять потоком команд. Теперь доступны подпрограммы, циклы, условные и безусловные переходы.

На базе *GPU R300* построены видеоускорители семейства *Radeon 9500/9700* различных модификаций. Усовершенствованная версия (увеличенные частоты памяти и ядра) на базе *GPU R350* представлена ускорителями семейства 9800. На базе ядра *R360* (с шиной памяти шириной 256 бит) выпускался ускоритель *Radeon 9800 XT*. Дешевые версии с уменьшенным вдвое числом пиксельных конвейеров и вершинных процессоров построены на базе ядра *RV350* (семейства 9550, *9600), RV360 (9600 XT), RV370* (семейство *X300), RV380* (семейство *X600).*

Radeon семейства X

Компания *ATI* в ответ на появление *GPU nVidia NV40* не замедлила представить видеокарты семейства *X800* на графическом процессоре *R420.* Старшая версия *X800 XT PE* имеет 16 пиксельных конвейеров и 6 вершинных процессоров, частоту ядра 520 МГц, память *GDDR-3* с частотой 1120 МГц на шине шириной 256 бит.

Ввиду одинакового позиционирования *R420* и *NV40* на рынке как высокопроизводительных решений для игровой трехмерной графики, полезно сравнить архитектуру этих графических процессоров. Блоки геометрической обработки у обоих изделий имеют по шесть вершинных процессоров. По сравнению с архитектурой предыдущего поколения *ATI* увеличила количество вершинных процессоров на два, а *nVidia* удвоила их число (с трех до шести). Однако количество вершинных процессоров вовсе не означает одинаковую функциональность ввиду различных подходов к реализации вершинных шейдеров и рабочих частот ядра. Ядро *R420* на видеокарте *Radeon X800 XT PE* работает на частоте 520 МГц, в то время как ядро *NV40* видеокарты *GeForce 6800 Ultra* имеет частоту 400 МГц. Теоретически *R420* с тем же числом вершинных процессоров имеет преимущество над *NV40* благодаря более высокой тактовой частоте ядра. Однако функциональность вершинных процессоров у *R420* (шейдеры версии 2.0) заметно ниже, чем у *NV40* (шейдеры версии 3.0). На практике это выражается в отсутствии поддержки динамических переходов в вершинных шейдерах, а также в невозможности производить выборку текстур.

Гибкость программирования графических процессоров компании *nVidia* всегда была на высоком уровне. Достаточно упомянуть специальный язык программирования *Сд.* Но многие тесты в игровых приложениях с использованием пиксельных шейдеров версии 2.0 показывают преимущество видеокарт компании *ATI.* Причина этого банальна — программистам невыгодно оптимизировать код игры под архитектуру отдельного графического процессора. Есть спецификации, разработанные *Microsoft,* на которые равняется большинство разработчиков игр. На языке *Microsoft High Level Shader Language* пишется большинство шейдеров в играх, а именно такой код эффективно обрабатывается графическими процессорами *R420.*

Количество пиксельных конвейеров — также одна из ключевых характеристик видеокарты, влияющая на скорость закраски. Как *NV40,* так и *R420* умеют обрабатывать по 16 пикселов за такт. Однако архитектура пиксельного блока *R420* имеет существенные особенности. Главная из них в том, что в архитектуре *R420* реализованы 4 блока по 4 конвейера. По сути, имеется четыре пиксельных конвейера, умеющих обрабатывать блоки пикселов 2x2, называемые «квадами». В целом получается 16 выводимых пикселов за такт. Каждый из пиксельных блоков имеет свою управляющую логику, а также независимую кэш-память, блоки выборки текстур и сами пиксельные процессоры. Такая структура пиксельных конвейеров *R420* должна уменьшить задержки за счет сокращения длины конвейера. Отключая блоки пиксельных конвейеров, можно получать на базе *R420* более дешевые (и менее производительные) графические про-

цессоры. Например, версия видеокарты *X800 Pro* на ядре *R420* имеет три пиксельных блока (12 пиксельных конвейеров).

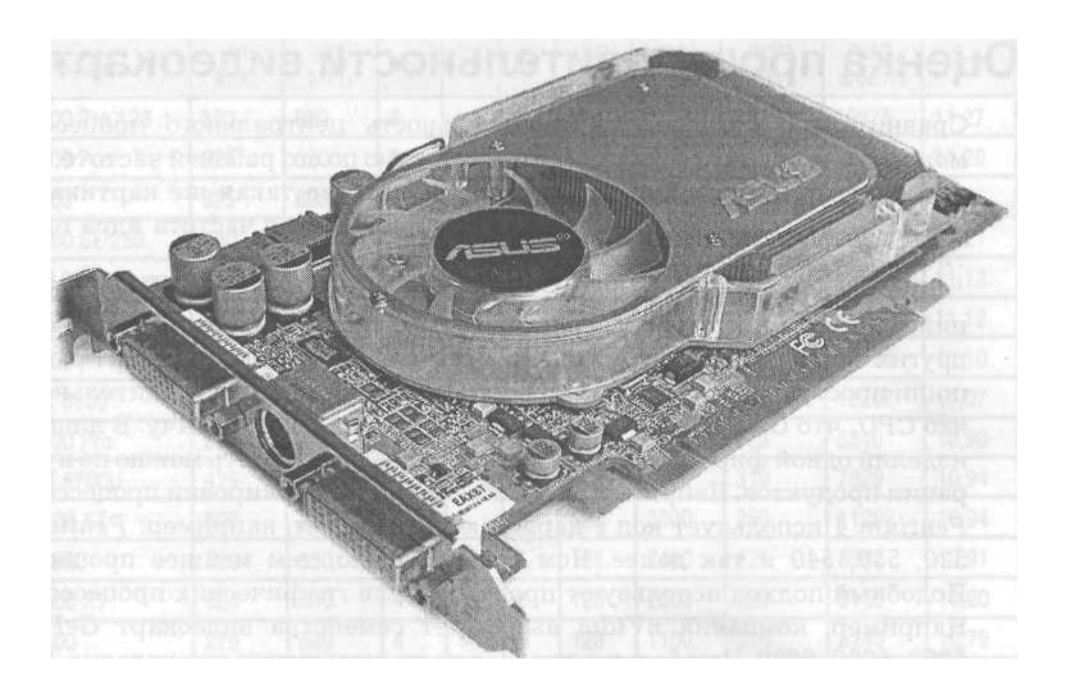
Спецификациями *DirectX 9.0* установлена минимально допустимая точность работы с вещественными числами — 24 бит. В графическом процессоре *R420* основным является 24-битный формат, хотя поддерживается представление данных в 16-битном и 32-битном форматах. Для сравнения, *GPU NV40* работает с вещественными числами в 32-битном формате.

Компания *ATI* в видеокартах на базе *GPU R420* использовала память стандарта *GDDR-3,* повторив решение *nVidia* для видеокарт *GeForce 6800.* Но организация работы с памятью в *GPU R420* имеет некоторые особенности. Контроллер памяти управляет четырьмя независимыми каналами по 64 бит каждый. Результирующая ширина шины составляет 256 бит. Каждый из каналов имеет полностью независимую логику и управляется переключателем, который отвечает за подачу данных в каналы.

В графическом процессоре *R420* компания *ATI* реализовала новый алгоритм сглаживания под названием *Temporal Antialiasing* (временное сглаживание). Суть технологии заключается в улучшении качества сглаживания благодаря особенностям человеческого зрения, которое обладает свойством инерционности. При рендеринге сцены положение субпикселов меняется так, что на каждом четном и нечетном кадре субпикселы смещаются относительно начального положения. В итоге глаз усредняет два соседних кадра и человеку кажется, что использовано в два раза больше сэмплов, чем на самом деле. Существенным ограничением в применении алгоритма является обязательность включения вертикальной синхронизации с монитором. Если в игре частота кадров падает ниже частоты синхронизации, алгоритм *Temporal Antialiasing* отключается и применяется обычное сглаживание.

В современных играх широко используются карты нормалей, представляющие собой текстуры с информацией о неровностях поверхности. Данные представлены в виде параметров вектора, который перпендикулярен поверхности объекта в данной точке. Применение карт нормалей вместе с текстурами высокого разрешения позволяет получать детализированные трехмерные объекты без увеличения числа полигонов на модели. Однако в несжатом виде карты нормалей занимают много места в памяти и дают высокую нагрузку на шину памяти. Для обычных текстур давно разработаны специальные методы компрессии *(DXTC),* алгоритмы которой входят в спецификации *DirectX.* При сжатии методом *DXTC* карты нормалей теряют часть информации, из-за чего появляются некоторые артефакты.

Для решения проблемы компрессии карт нормалей компанией *ATI* разработана технология *3Dc,* реализованная в архитектуре графического



Ускоритель Radeon X800XT

процессора *R420.* Коэффициент сжатия при использовании алгоритмов *3Dc* составляет 1:4, что весьма существенно помогает экономить пропускную способность памяти.

Энергопотребление видеокарт на базе *R420* составляет около 90 Вт, что требует подключения дополнительного питания через отдельный разъем. Однако уровень тепловыделения ядра невысок и позволяет использовать компактную малошумящую систему охлаждения. Микросхемы памяти обычно вовсе не оснащены радиаторами.

Для поддержки нового интерфейса *PCI Express* компанией *ATI* разработан графический процессор *R423* со встроенным контроллером интерфейса. На базе процессора выпускается видеокарта *Radeon X800 XT.*

Семейство видеокарт среднего класса *X700 (PCI Express)* основано на графическом процессоре *R410,* архитектура которого практически аналогична *R420. GPU R410* выпускается по технологическим нормам 0,11 мкм. Количество пиксельных конвейеров уменьшено по сравнению с *R420* до восьми, а ширина шины памяти сокращена вдвое (до 128 бит). Неизменным осталось количество вершинных конвейеров — шесть. Более строгий техпроцесс позволил снизить энергопотребление и отказаться от дополнительного питания, поскольку интерфейс *PCI Express* обеспечивает до 75 Вт мощности.

Оценка производительности видеокарт

Сравнительно недавно производительность центрального процессора можно было оценить с достаточной точностью по его рабочей частоте. Чем выше частота, тем мощнее процессор. Примерно такая же картина наблюдалась в сфере графических адаптеров. Рабочая частота ядра практически определяла производительность видеокарты.

Внедрение интеллектуальных технологий распараллеливания операций, оптимизации кода, использование памяти различного типа и десятки других новшеств в архитектуре процессоров и дизайне видеокарт разрушили простую и благостную картину. Сейчас оценка производительности что *CPU,* что *GPU* представляет собой нетривиальную задачу. В линейке изделий одной фирмы грубо оценить производительность можно по нумерации продуктов. Например, компания *Intel* для маркировки процессоров *Pentium 4* использует код с нарастающим числом, например: *Pentium 4 520, 530, 540* и так далее. Чем больше число, тем мощнее процессор. Подобный подход используют производители графических процессоров. Например, компания *nVidia* выпускает семейства видеокарт *GeForce 6200, 6600, 6800.* Чем больше число, тем производительнее изделие. Но в

Модель	ЧЯ. МГц	ЧП, МГц	ПК	ТБ	ВК	ШП, бит	СЗ, МП/с	СОВ, МВ/с	ПСП, Мбит/с	ИПП
R X800 XT PE	520	1120	16	1	6	256	8320	780	34180	12,18
R X800 XT	500	1000	16	1	6	256	8000	750	30518	12,13
GF6800UE	450	1200	16	1	6	256	7200	675	36621	12,08
GF 6800U	400	1100	16	1	6	256	6400	600	33569	11,97
R X800 Pro	475	900	12	1	6	256	5700	713	27466	11,96
GF 6800GT	350	1000	16	1	6	256	5600	525	30518	11,84
GFFX 5950U	475	950	4	2	3	256	3800	356	28892	11,54
GF6800	325	700	12	1	5	256	3900	400	21362	11,52
R 9800 XT	412	730	8	1	4	256	3296	412	22278	11,48
GFFX 5900U	450	850	4	2	3	256	3600	338	25940	11,47
GF 6600GT	500	1000	8	1	3	128	4000	375	15259	11,44
R 9800 Pro 256	380	700	8	1	4	256	3040	380	21362	11,40
GFFX 5900	400	850	4	2	3	256	3200	300	25940	11,38
GF 6800LE	320	700	8	1	5	256	2560	400	21362	11,37
GFFX 5900XT	400	700	4	2	3	256	3200	300	21362	11,33
GFFX 5800U	500	1000	4	2	2	128	4000	250	15259	11,29

Модель	ЧЯ, МГц	ЧП, МГц	ПК	ТБ	ВК	ШП, бит	СЗ, МП/с	СОВ, МВ/с	ПСП, Мбит/с	ИПП
R 9800 Pro 128	380	680	8	1	4	128	3040	380	10375	11,27
R 9700 Pro	325	620	8	1	4	256	2600	325	18921	11,26
R 9800	325	600	8	1	4	256	2600	325	18311	11,25
R 9800 SE 256	380	680	4	1	4	256	1520	380	20752	11,21
GFFX 5700U	475	900	4	1	3	128	1900	356	13733	11,13
R 9800 SE 128	325	580	8	1	4	128	2600	325	8850	11,12
R 9700	275	540	8	1	4	256	2200	275	16479	11,10
GFFX 5800	400	800	4	2	2	128	3200	200	12207	11,07
R 9500 Pro	275	540	8	1	4	128	2200	275	8240	10,96
GFFX 5700U	425	500	4	1	3	128	1700	319	7629	10,94
R X600 XT	500	740	4	1	2	128	2000	250	11292	10,94
GF 6600	300	550	8	1	3	128	2400	225	8392	10,91
R 9600 XT	500	600	4	1	2	128	2000	250	9155	10,90
R 9500	275	540	4	1	4	128	1100	275	8240	10,75
R 9600 Pro	400	600	4	1	2	128	1600	200	9155	10,72
R X600 Pro	400	600	4	1	2	128	1600	200	9155	10,72
GFFX 5600U	400	800	4	1	1	128	1600	100	12207	10,55
RX300	325	400	4	1	2	128	1300	163	6104	10,47
GFFX 5200U	325	650	4	1	1	128	1300	81	9918	10,34
GFFX 5600	325	500	4	1	1	128	1300	81	7629	10,27
R 9550	250	400	4	1	2	128	1000	125	6104	10,26
R 9550SE	250	400	4	1	2	64	1000	125	3052	10,15
GFFX 5500	270	400	4	1	1	128	1080	68	6104	10,07
GFFX 5200	250	400	4	1	1	128	1000	63	6104	10,02
GFFX 5600XT	235	400	4	1	1	128	940	59	6104	9,97
GFFX 5200LE	250	400	4	1	1	64	1000	63	3052 ,	9,87

ЧЯ — частота ядра
ЧП — аффективная частота памяти
ПК — число пиксельных конвейеров
ТБ — число текстурных блоков
ВК — число вершинных конвейеров
ШП — ширина шины памяти
СЗ — скорость закраски
СОВ — скорость *обработки вершин*
ПСП — пропускная способность памяти
ИПП — интегральный показатель производительности

маркировке графических адаптеров часто используют индексы, которые запутывают ситуацию. Например, *GeForce 6800* известен в варианте без индекса, а также с индексами *Ultra, GT* или *LE.* Неподготовленный покупатель вряд ли в состоянии самостоятельно разобраться в этой мешанине цифр и букв. Но ему надо знать, за что же он должен выложить свои деньги. Попробуем помочь в этом нашим читателям.

На момент написания книги в маркировке графических процессоров сложилась следующая ситуация.

Компания *nVidia* имеет три действующих семейства: *GeForce MX, GeForce FX 5xxx, GeForce 6xxx*. Семейство *GeForce MX* построено на графических процессорах поколения *DirectX* 7 с очень низкой производительностью. В основном представлено видеокартами *GeForce MX 4000, 400, 440.* Семейство *GeForce FX Бxxx* относится к поколению *DirectX* 9, поддерживает шейдеры расширенной версии 2.0. Чем больше число в маркировке видеокарты, тем она мощнее. То есть самая слабая линейка — *5200,* самая сильная — 5950. Семейство *GeForce 6xxx* относится к поколению *DirectX* 9, поддерживает шейдеры версии 3.0. Схема маркировки аналогична предыдущему семейству. Самая слабая линейка — *6200,* самая сильная — *6800.*

Внутри семейств *GeForce FX 5xxx и GeForce бxxx* для маркировки видеокарт различной производительности используются индексы:

- *Ultra* (максимальные частоты ядра и памяти);
- *GT* (повышенные в сравнении со стандартными частоты ядра и памяти);
- *LE* (сокращение числа пиксельных, а иногда и вершинных конвейеров; уменьшенные частоты ядра, а иногда и памяти).

Компания *ATI,* если судить по маркировке, имеет два, а фактически три действующих семейства видеокарт: *Radeon X300/X600, Radeon 9xxx, Radeon X700/X800.* Все они относятся к поколению *DirectX 9,* но только семейство *Radeon X700/X800* поддерживает расширенные версии пиксельных шейдеров *2.0b.* Все видеокарты поддерживают вершинные шейдеры версии 2.0. Семейство *Radeon X300/X600* построено на графических процессорах *RV370/RV380.* В семействе *Radeon 9xxx* чем больше число в маркировке, тем мощнее процессор. Самая слабая линейка — 9500, самая сильная — *9800.* Числа в маркировке изделий семейства *Radeon X700/X800* также указывают на производительность видеокарты. Например, самая мощная видеокарта в семействе имеет маркировку *X850.* Внутри всехсемействдлямаркировкивидеокартразличнойпроизводительности используются индексы:

- *XT PE* (максимальные частоты ядра и памяти);
- XT (повышенные в сравнении с *XL* частоты ядра и памяти);
- *XL* (увеличенные частоты ядра и памяти);

- *Pro* (полная или урезанная функциональность, при сохранении или повышении частотных параметров);
- *SE* (либо снижение частот при сохранении функциональности, либо урезанная функциональность', либо более узкая шина памяти).

Знание особенностей маркировки позволяет оценить производительность конкретной модели в ряду других изделий той же фирмы и внутри семейства. Но оценка производительности видеокарт разных производителей требует другого подхода. Здесь волей-неволей приходится разбираться с техническими параметрами графического ядра, локальной видеопамяти, особенностями дизайна видеокарт.

На наш взгляд, для интегрированной оценки требуется знать следующие характеристики:

- рабочая частота ядра;
- эффективная частота памяти;
- число пиксельных конвейеров;
- число блоков текстурирования;
- число вершинных конвейеров;
- ширина шины памяти.

Исходя из этих параметров можно вычислить:

- скорость закраски;
- скорость обработки вершин;
- пиковую пропускную способность памяти.

Интеграция вычисленных значений даст нам интегрированный показатель производительности видеокарты, который в принципе должен совпадать с относительными результатами, показываемыми данной моделью при тестировании в игровых приложениях. Ниже приведены данные по оценке интегрированной производительности видеокарт поколения *DirectX 9.*

Телевизионные тюнеры

- Устройство ТВ-тюнера
- Цифровое вещание

Телевизионные тюнеры (часто совмещенные с УКВ-приемниками) в последнее время приобретают все большую популярность благодаря относительно низкой стоимости. Получить полноценный телевизионный приемник со множеством дополнительных функций за 60-90 у. е. сегодня вполне реально. Объединение возможностей компьютера и современных средств воспроизведения видео позволило совершить качественный рывок в сфере развлечений.

По способу исполнения ТВ-тюнеры делятся на встроенные (совмещенные с видеоадаптером компьютера), внутренние (устанавливаемые в слот расширения системной платы) и внешние. В зависимости от функциональных возможностей различают обычные ТВ-тюнеры, ТВ/УКВ-тюнеры, а также тюнеры с видеозаписью. Платы видеозахвата и видеомонтажа относятся к более высокому классу устройств (как по возможностям, так и по цене) и здесь не рассматриваются.

Согласно сложившемуся в классе ТВ-тюнеров стандарту де-факто, обычно предлагаются следующие основные функции:

- прием телевизионного эфирного (кабельного) сигнала;
- прием видеоизображения от внешнего устройства воспроизведения (видеомагнитофон, видеокамера) в форматах *S-Video* и Composite *Video;*
- автоматическое определение формата принимаемого изображения;
- вывод видеоизображения на монитор;
- вывод звукового сигнала на звуковую карту;
- захват видеоизображения (покадровый);
- запись видеоизображения (сплошная);
- прием эфирного сигнала в УКВ-диапазоне;
- дистанционное управление.

Кроме перечисленных, в различные модели ТВ-тюнеров встраивают и дополнительные функции. Например, одновременный прием нескольких

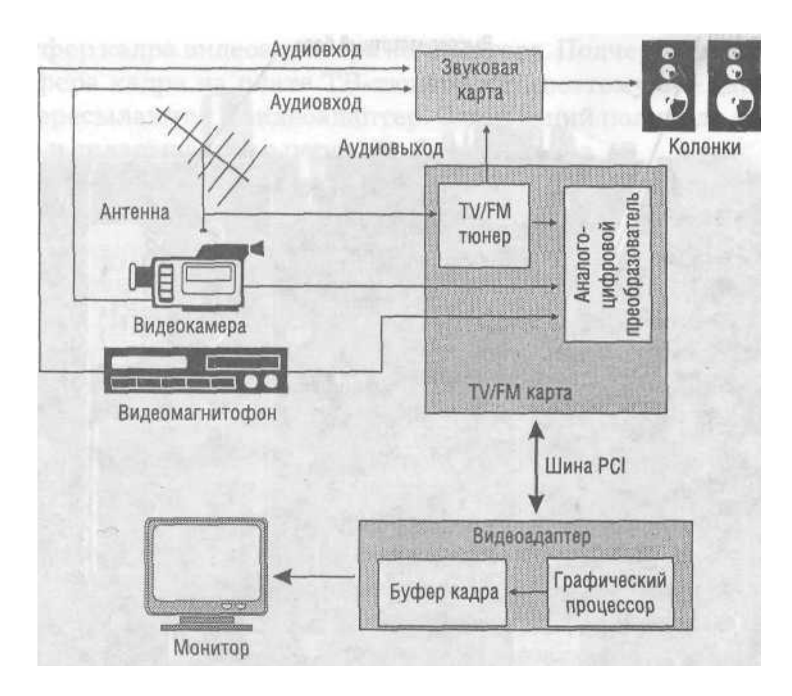


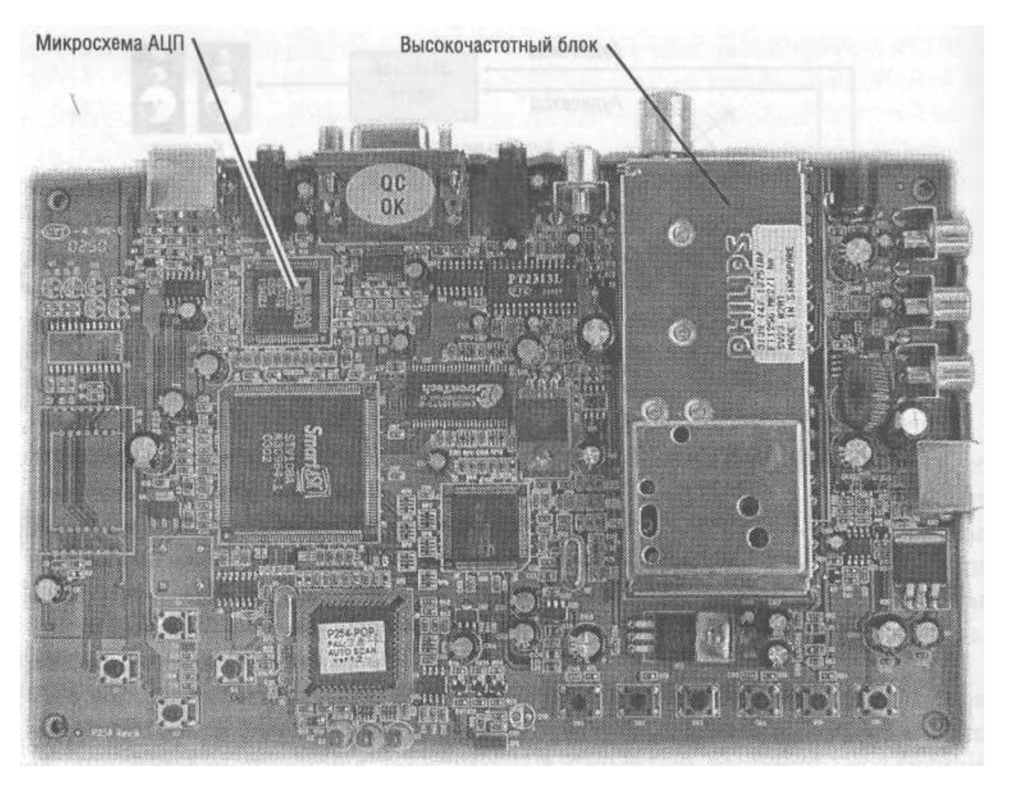
Схема подключения ТВ-тюнера

каналов (функция «картинка в картинке»), запись по расписанию, телетекст, дистанционное управление курсором, поддержка видеоконференций и пр.

Устройство ТВ-тюнера

Рассмотрим принцип устройства и работы телевизионного тюнера с интерфейсом *PCI.* Основными элементами являются собственно высокочастотный модуль, предназначенный для приема сигнала, и аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В настоящее время наибольшее распространение получили АЦП серии *SAA713x* (например, *SAA7134* или *SAA7130)* фирмы *Philips* и *CX2388x* фирмы *Conexant.* Принято считать, что **в** российских условиях микросхемы *Philips* являются оптимальным выбором в связи с более естественной цветопередачей в *БЕСАМ* и большим количеством поддерживающих их альтернативных программ. Практически все нынешние модели тюнеров обеспечивают поддержку стереозвука *A2/NICAM.*

Высокочастотный модуль отвечает собственно за прием ТВ-сигнала и выбор канала. Лучшим вариантом с точки зрения качества приема до сих пор являются тюнеры, оснащенные ВЧ-блоками от компании *Philips* (например, *FM1256/IH-3)* или компании *LG.*



Телевизионный тюнер с *ВЧ-блоком фирмы Philips*

В 2004 г. в продаже появились тюнеры с полупроводниковыми ВЧ-блоками, так называемыми *Silicon Tuner,* призванными заменить радиоблоки классической конструкции. Заманчивые перспективы высокой степени интеграции, существенной экономии места на плате и снижения себестоимости пока сочетаются с серьезными проблемами с качеством приема на некоторых частотах у основных производителей: компаний *Philips (TDA8275)* и *MicroTune (MT2032, MT2050),* Преимуществом этих приемников можно считать работу с любым телевизионным стандартом при наличии соответствующего АЦП.

Высокочастотный телевизионный эфирный сигнал поступает по кабелю на антенный ввод тюнера, где обрабатывается и преобразуется в сигнал низкой частоты, содержащий построчную информацию. Напомним, что телевизионный кадр состоит из двух полукадров (четного и нечетного). Для форматов *PAL* и *SECAM* число строк в кадре составляет 576 (при частоте кадров 25 в секунду). Таким образом, каждый полукадр содержит по 288 строк. Стандартное соотношение сторон кадра 4:3, поэтому разрешение по горизонтали составляет 768 точек.

Полукадр (288 строк) из тюнера пересылается в видеоконтроллер, который преобразует его в сигнал *RGB* для монитора и направляет по шине

PCI в буфер кадра видеоадаптера компьютера. Подчеркнем, что собственного буфера кадра на плате ТВ-тюнера нет, поэтому все данные немедленно пересылаются в видеоадаптер. Следующий полукадр проходит тот же путь и складывается с первым в буфере кадра.

Очевидно, что если размер изображения на экране монитора составляет точно 576x768 точек, никаких проблем не возникает. Однако в иных случаях появляются искажения изображения. Дело в том, что взаимодействие с операционной системой происходит на уровне драйверов ТВ-тюнера и *API Microsoft Video for Windows,* созданного более 10 лет назад. Возможности данного *API* далеки от современных требований, но изменить ничего нельзя, так как *MS Video for Windows* является базовым модулем операционной системы.

Представим, что изображение выводится с разрешением 640x480 точек. Первый полукадр успешно размещается в буфере, а вот куда девать строки второго, ведь 480—288=192? Видимо, лучшим решением в таком случае было бы последовательно интерполировать и выводить полукадры, то есть увеличить скорость смены кадров до 50 в секунду. Однако *Video for Windows* не разрешает вывод с частотой более 25 кадров в секунду! В результате происходит либо смешивание полукадров (по алгоритму, определяемому *MS Video for Windows/DirectX* и видеоадаптером, а не ТВ-тюнером!), либо вывод только одного полукадра. В первом случае мы наблюдаем так называемый эффект «гребенки», то есть искажение пропорций, ступенчатость изображения. Во втором случае изображение дергается, так как один полукадр пропадает напрочь. Почему так работает *MS Video for Windows?* Да потому, что поток данных по шине *PCI,* если частота смены изображения равна 50 кадрам в секунду, достигает 44 Мбайт/с. Кроме того, интерполяция каждого полукадра сильно нагружает процессор. В *Microsoft* более десяти лет назад посчитали, что это «слишком жирно», и решили сэкономить ресурсы. В итоге мы смотрим телевизионную картинку с искажениями.

Как можно побороть эффекты «гребенки» и дерганья? Проще всего использовать программные методы. Например, программа *JTV* автоматически распознает многие тюнеры и перехватывает управление ими. Далее изображение на монитор выводится как на обычный телевизор, без всяких фокусов с интерполяцией в более высокие разрешения (и только на полный экран). Второй, более затратный способ состоит в приобретении сравнительно дорогих изделий, которые способны верно масштабировать изображение. Например, это умеет делать ТВ-тюнер *miroVideo PCTV* производства фирмы *Pinnacle System,* известной своими устройствами для нелинейного видеомонтажа.

Заметим, что в формате *DVD* происходит практически то же самое, что описывалось нами применительно к телевизионному сигналу. Только плюс ко всему еще необходимо «на лету» распаковывать сжатое изобра-

жение. Такая нагрузка по силам практически всем современным процессорам в сочетании с видеоадаптером *AGP/2x* 16 Мбайт.

Часто рекламируемой функцией ТВ-тюнера является захват изображения. Причем некоторые покупатели полагают, что, приобретая относительно дешевый ТВ-тюнер с функцией видеозахвата, они смогут заниматься нелинейным видеомонтажом. Это глубокое заблуждение! Одна секунда видео в формате *PAL/SECAM,* 24 бит, занимает как минимум 32 Мбайт. Поток 32 Мбайт/с без компрессии на обычный жесткий диск записать невозможно. Даже оцифровка видеоряда в формате 384x288, 12 бит, 25 кадров/с происходит в ТВ-тюнерах (имеющих так называемый *Digital VCR* — цифровой видеомагнитофон) с потерей кадров и/или ухудшением качества, так как используется программная компрессия. Для полноценной записи необходима аппаратная компрессия, которую обеспечивают изделия совсем другого класса. Лучшее, на что можно рассчитывать в ТВ-тюнерах, это захват с приличным качеством отдельных кадров. Кроме того, можно использовать функции видеозахвата для публикации видеоряда в Интернете или проведения видеоконференций, где требования к качеству изображения очень низкие.

Автономные ТВ-тюнеры, подключаемые между видеокартой и монитором, стали оптимальным решением для многих пользователей. Многих привлекает установка LCD-монитора в комплекте с таким устройством вместо аналогичного телевизора по существенно более низкой цене.

Таблица 13. Параметры ТВ-тюнеров

Модель тюнера	ВЧ-блок	FM-радио	АЦП	Запись с любым кодеком	Передача звука по PCI шине
AverTV 307	Philips MK3	Да	Philips SAA7134	Да	Нет
BeholdTV 409	Philips MK3	Да	Philips SAA7135	Да	Да
GoTView PCI 7135	Philips MK3	Да	Philips SAA7135	Да	Да
GoTView PCI DVD	Philips MK3	Нет	Philips SAA7134	Да	Да
Compro VideoMate TV Gold II	Philips MK3	Нет	Philips SAA7134	Да	Нет
LeadTek Win Fast PVR 2000	Philips MK3	Да	Conexant CX23882	Да	Нет
LeadTek WinFast DV 2000	Philips MK3	Да	Conexant CX23881	Да	Нет
Pinnacle PCTV MediaCenter 100i	MicroTune MT2050	Нет	Philips SAA7134	Нет	Нет
KWorld TV Xpert PVR 7134	TVision TNF-9533	Да	Philips SAA7134	Нет	Нет

Цифровое вещание

Согласно концепции Минсвязи РФ по комплексному развитию теле- и радиовещания в России к 2015 г. прогнозируется окончательный переход российского телевидения на цифровое вещание. В качестве государственного выбран европейский стандарт цифрового наземного вещания *DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial).* Этот стандарт разрабатывался с учетом его совместимости с уже действующим стандартом цифрового спутникового вещания *DVB-S* и соответствующим стандартом для кабельных сетей *DVB-C.* Совместимость позволяет использовать один и тот же информационный пакет для работы во всех трех стандартах. К тому же общие методы кодирования снижают расходы на разработку и производство применяемых в оборудовании микросхем. Для компрессии потока в *DVB-T* используется технология *MPEG-2.*

DVB-T базируется на европейских телевизионных стандартах с чересстрочной разверткой при частоте полукадров 50 Гц и числом строк 625. Опционально предусмотрены телевидение высокой четкости (ТВЧ) с удвоенным разрешением по вертикали и горизонтали и передача широкоформатного изображения 16/9. Поддерживается звук в формате *Dolby AC-3.*

В качестве системы модуляции используется принятая в стандарте цифрового радиовещания *DAB (Digital Audio Broadcasting)* система *COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing),* разработанная специально для борьбы с помехами от многолучевого приема , являющегося, в частности, причиной возникновения сразу нескольких контуров на экране телевизора).

Система *COFDM* является мощным средством борьбы с помехами, к тому же он предоставляет гибкие возможности регулирования уровня помехозащищенности в зависимости от скорости передачи данных. Кроме того, использование *COFDM* решает задачу устойчивого приема на движущуюся антенну вплоть до скорости 300 км/ч.

Производители компьютерных ТВ-тюнеров на появление *DVB-T* отреагировали надлежащим образом, представив модели, работающие в этом стандарте (например, *Twinhan VisionDTV USB-Ter VP-7041).* Первый запуск российского передатчика, работающего в стандарте *DVB-T,* состоялся 2 июля 2000 г. в Нижнем Новгороде. На данный момент, кроме Нижнего Новгорода, вещание ведется в Москве и Санкт-Петербурге.

В области *HDTV* в России дела обстоят не слишком радужно. Пока эфирный сигнал в таком формате не распространяется. Хотя на рынке можно приобрести компьютерные тюнеры *HDTV,* например *ATi HDTV Wonder.* Прием сигнала в формате *HDTV* пока возможен только со спутника, для чего требуется установка специального приемника *DVB-S* и внушительной антенны.

Мониторы

- Мониторы на ЭЛТ
- Плоскопанельные дисплеи

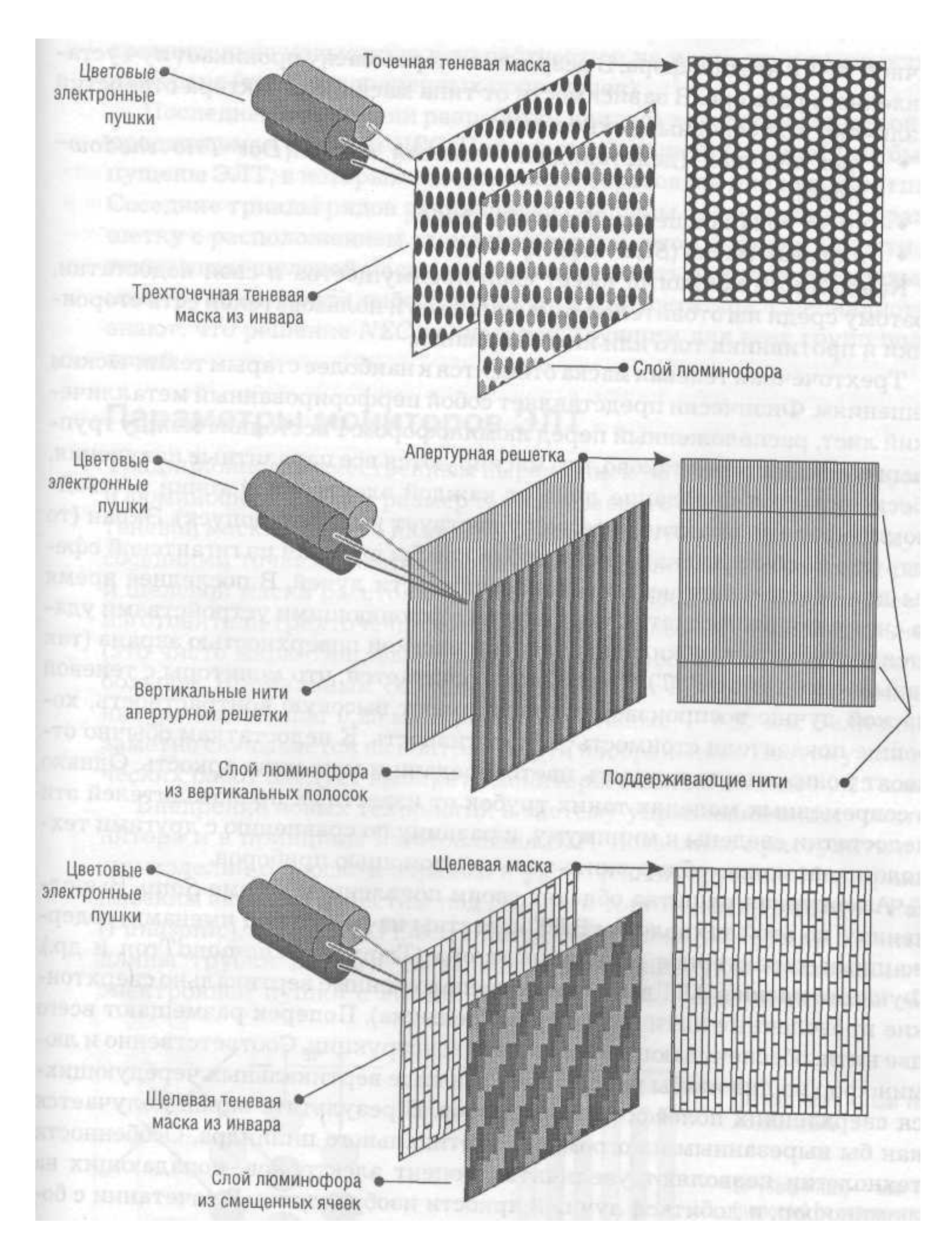
Мониторы на ЭЛТ

Параметры монитора определяются характеристиками электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) и качеством элементов, управляющих видеотрактом. Причем основная доля «ответственности» здесь лежит на ЭЛТ. Нередко на основе одной трубки производители выпускают мониторы для разных ценовых категорий, лишь меняя их электронную начинку. В свою очередь, параметры ЭЛТ во многом зависят от избранной технологии производства. Причем сложность современных технологий производства ЭЛТ такова, что освоить их, а затем и продолжить исследования могут только крупные производители. Именно поэтому изготовителей собственно ЭЛТ во всем мире можно пересчитать на пальцах. Остальные фирмы устанавливают в свои изделия трубки «со стороны».

Принципиально конструкция ЭЛТ для монитора совпадает с телевизионным кинескопом. В горловине стеклянной колбы, дно которой покрыто слоем люминофора, установлена электронная пушка, испускающая поток электронов. Такой поток отклоняется в нужном направлении электромагнитным полем управляющей системы и затем, проходя через теневую маску, установленную перед дном колбы, попадает на люминофор, вызывая его свечение.

В цветных мониторах для формирования изображения применяют отдельные пушки для каждого из основных цветов (*Red* — красный, *Green* — зеленый, *Blue* — синий), а слой люминофора составляют из близко расположенных группами по три (также в сочетании *Red, Green, Blue* — RGB) точек цветного люминофора.

Для точного попадания в заданную точку люминофора слишком широкий электронный луч необходимо сузить до заданных пределов. Это осуществляется установкой перед люминофорным покрытием теневой маски, имеющей отверстия с размерами, близкими к поперечнику еди-



Технология маскирования в мониторах на ЭЛТ

ничной точки люминофора. В результате через маску проникает луч установленного размера. В зависимости от типа маски и характера отверстий различают три основные технологии:

- трехточечная (дельтавидная) теневая маска *(Dot-Trio shadow-mask);*
- апертурная решетка *(Aperture—grille);*
- щелевая маска *(Slot-mask).*

Каждая из технологий имеет свои преимущества и свои недостатки, поэтому среди изготовителей, специалистов и пользователей есть сторонники и противники того или иного варианта.

Трехточечная теневая маска относится к наиболее старым техническим решениям. Физически представляет собой перфорированный металлический лист, расположенный перед люминофором. Расстояние между группами соседних точек таково, что маскируются все паразитные излучения, обеспечивается попадание луча от каждой электронной точки в «свой» люминофор (на практике всегда существует какой-то допуск). Экран (то есть дно колбы и маска) такой трубки как бы вырезан из гигантской сферы для обеспечения некоторой расходимости лучей. В последнее время за счет улучшения систем управления отклоняющими устройствами удается выпускать трубки с практически плоской поверхностью экрана (так называемого типа *FST).* Традиционно считается, что мониторы с теневой маской лучше воспроизводят текст, имеют высокую контрастность, хорошие показатели стоимость-эффективность. К недостаткам обычно относят пониженную точность цветопередачи и меньшую яркость. Однако в современных моделях таких трубок от известных производителей эти недостатки сведены к минимуму, и разницу по сравнению с другими технологиями можно обнаружить только с помощью приборов.

Апертурная решетка обязана своим появлением фирме *Sony.* Выполненные по этой технологии ЭЛТ известны на рынке под именами, содержащими характерное окончание *«tron» (Trinitron, DiamondTron* и др.). Функции маски в ЭЛТ выполняют расположенные вертикально сверхтонкие проволочные нити (апертурная решетка). Поперек размещают всего две нити, обеспечивающие жесткость конструкции. Соответственно и люминофор на дне колбы располагается в виде вертикальных чередующихся сверхтонких полосок разных цветов. В результате экран получается как бы вырезанным из огромного вертикального цилиндра. Особенности технологии позволяют увеличить процент электронов, попадающих на люминофор, и добиться лучшей яркости изображения. В сочетании с более темным стеклом это дает лучшую контрастность.

Мониторы с трубками на основе апертурной решетки традиционно привлекают специалистов при работе с графикой, требующей ярких и чистых цветов. Однако некоторые профессионалы считают недостатком

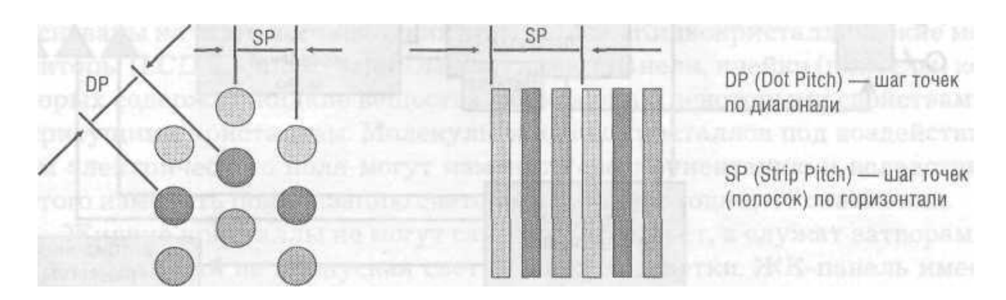
сравнительно невысокую контрастность и наличие двух темных полосок на экране (тень от поперечных проволочек).

Последней по времени разработки явилась технология щелевой маски, продвигаемая фирмой *NEC*. Под торговой маркой *ChromaClear* были выпущены ЭЛТ, в которых теневая маска образована продольными щелями. Соседние триады рядов таких щелей смещены по вертикали, образуя решетку с расположением элементов в шахматном порядке. По сути дела, в технологии щелевой маски удалось совместить достоинства предыдущих конструкций, почти избавившись от их недостатков. Специалисты признают, что решение *NEC* является наилучшим для всех групп пользователей.

Параметры мониторов ЭЛТ

Традиционно количественным выражением качества изготовления маски и люминофора служит размер так называемого «зерна». Для трехточечной теневой маски принято измерять расстояния (то есть «шаг») между двумя соседними точками люминофора по диагонали. Для апертурной решетки и щелевой маски расстояние меряют по горизонтали. В последнее время изготовители трехточечных масок также указывают горизонтальный шаг (это чисто маркетинговый прием, так как расстояние по диагонали чуть больше). Нормальным сегодня считается шаг 0,28 мм, качественные мониторы имеют шаг 0,25 мм, профессиональные — 0,22 мм. Величина шага заметно сказывается на контрастности изображения. Поэтому для графических работ следует выбирать мониторы с шагом не более 0,25 мм.

Внедрение новых технологий в систему управления видеотрактом монитора и в принципы изготовления ЭЛТ позволило приступить к выпуску изделий с плоским экраном и укороченной трубкой. Модификации с плоским экраном известны под разными торговыми марками — *PanaFlat (Panasonic), Flatron (LG Electronics), FD Trinitron (Sony)* и др. Уменьшение длины трубки достигнуто за счет увеличения угла отклонения лучей электронной пушки с 90° до 100°. Такие мониторы по глубине занима-



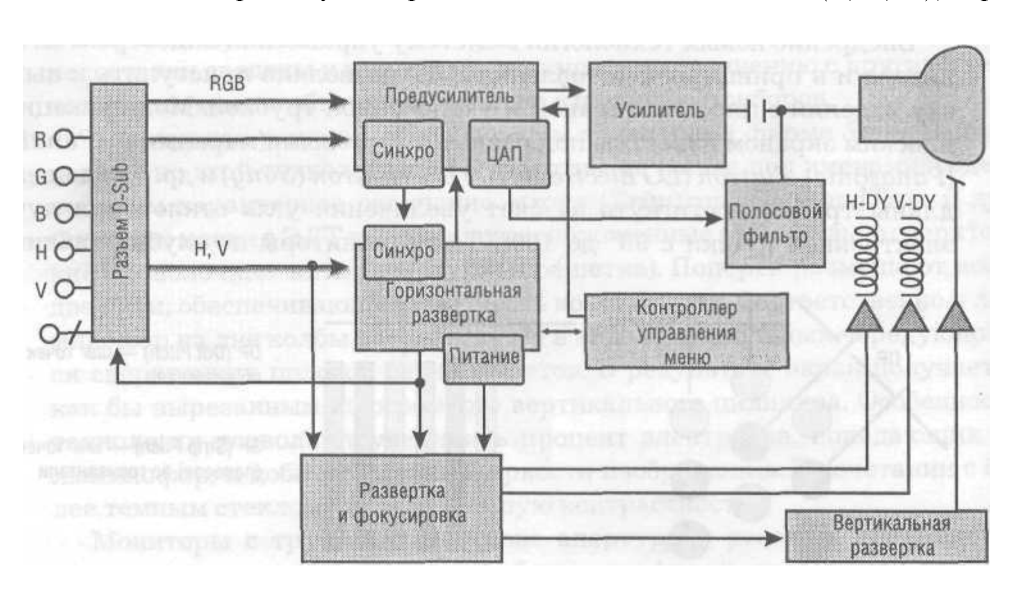
Методика измерения шага точек (полосок) люминофора

ют столько же места, сколько их собратья с обычной трубкой в младшем классе. То есть укороченный 19-дюймовый монитор по глубине равнозначен обычному 17-дюймовому.

Важным элементом монитора является его электронный тракт, а ядром электронного тракта — видеоусилитель. Полоса пропускания видеоусилителя фактически определяет возможности монитора по разрешению и кадровой развертке. Она должна обеспечить беспрепятственное прохождение генерируемых видеокартой сигналов. Минимально необходимую полосу пропускания легко рассчитать по необходимым параметрам разрешения.

Например, вы планируете работать на 19-дюймовом мониторе с программой векторной графики в разрешении 1600x1200 точек при кадровой частоте 100 Гц. Перемножаем все эти цифры, умножаем итог на коэффициент 1,3 (часть полосы сигнала используется для служебной информации) и делим на миллион, в результате получаем необходимую полосу пропускания монитора — около 250 МГц. Отметим, что видеотракт с такой полосой пропускания имеют единичные модели мониторов.

Начиная с разрешения 1280x1024 точек при кадровой частоте 85 Гц и выше, желательно монитор и видеокарту соединять экранированным коаксиальным кабелем и разъемами *BNC*. Дело в том, что обычный кабель и разъем *D-Sub {HD15)* на высоких частотах начинают вносить искажения в сигнал. По крайней мере, при разрешении 1600x1200 точек помехи становятся заметными на глаз. По коаксиальному кабелю через разъемы *BNC* на монитор поступают раздельные сигналы цветности *(R, G,* B), вер-



Принципиальная схема электронного тракта монитора

тикальной и горизонтальной синхронизации. В отличие от сигналов обычного VGA-кабеля, по пути они никак не влияют друг на друга, и потому изображение получается четким, без «замыливания». Таким образом, рекомендуется использовать разъемы *BNC* на мониторах с диагональю 19 дюймов и выше.

Серьезной проблемой является согласование входных каскадов видеотракта монитора и выхода видеокарты. Дело в том, что большинство производителей мониторов рассчитывают входные каскады, исходя из неких усредненных параметров видеокарт. Причем видеокарт даже не среднего, а скорее низкого уровня. То есть в качественных видеокартах фронт перепадов по высокому и низкому уровням выходящего сигнала очень резкий, а входной тракт многих мониторов рассчитан на более пологие перепады. В результате при высоких разрешениях и частотах обновления наблюдается так называемый «звон» — тени и отсветы от изображений с высокой контрастностью. Приобретая монитор для профессионального использования, желательно согласовать его с той видеокартой, с которой он будет работать. Лучше всего — с тем экземпляром, который стоит (или будет стоять) в вашем компьютере.

Монитор должен соответствовать требованиям по медицинским, эргономическим и экологическим параметрам стандарта ТСО-99, объединившем предшествующие стандарты. Стандарт *MPR-II* ограничил уровни электромагнитного излучения безопасными для человека пределами. Начиная со стандарта ТСО—92, эти нормы еще более ужесточены и сохранены в стандартах ТСО—95, ТСО—99. Эргономические и экологические требования появились впервые в стандарте ТСО-95. Стандарт ТСО-99 устанавливает самые жесткие спецификации на параметры качества изображения (яркость, контрастность, мерцание, антибликовое покрытие экрана) и энергопотребления.

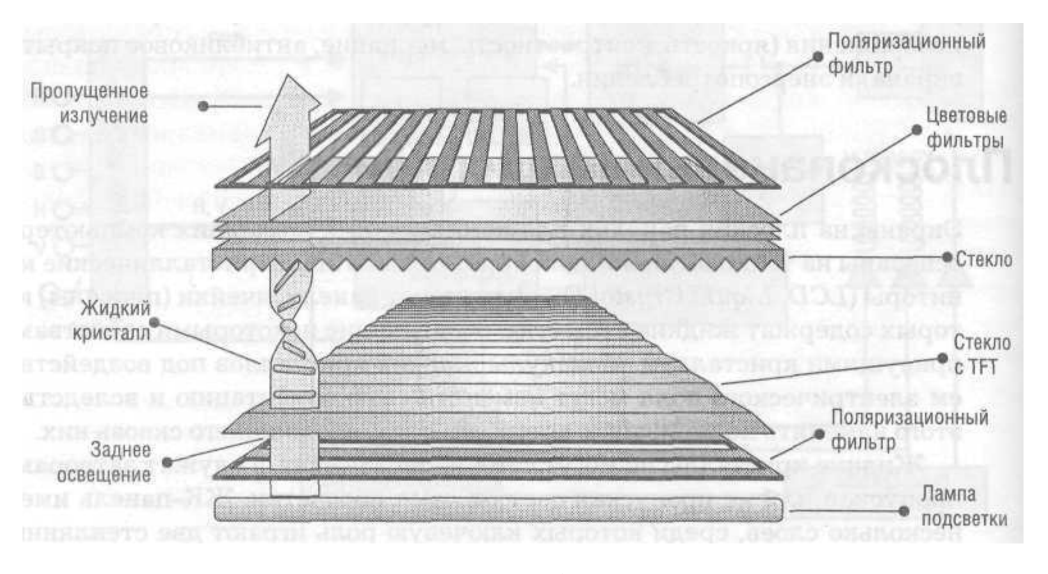
Плоскопанельные дисплеи

Экраны на плоских панелях для комплектации домашних компьютеров основаны на технологии жидких кристаллов. Жидкокристаллические мониторы *(LCD, Liquid Crystal Display)* имеют панели, ячейки (пикселы) которых содержат жидкие вещества, обладающие некоторыми свойствами, присущими кристаллам. Молекулы жидких кристаллов под воздействием электрического поля могут изменять свою ориентацию и вследствие этого изменять поляризацию светового луча, проходящего сквозь них.

Жидкие кристаллы не могут сами излучать свет, а служат затворами, пропуская или не пропуская свет от ламп подсветки. ЖК-панель имеет несколько слоев, среди которых ключевую роль играют две стеклянные подложки и находящийся между ними слой жидких кристаллов. Позади

них расположены одна-две лампы подсветки и система зеркал, равномерно рассеивающих свет по поверхности. Свет от ламп проходит сквозь первую подложку, служащую поляризационным фильтром. На обеих подложках проделаны параллельные бороздки, определяющие исходную ориентацию жидких кристаллов. Бороздки двух подложек перпендикулярны между собой. Размещенные между бороздками капельки ЖК организованы в ячейки. Каждый пиксел изображения состоит из трех ячеек. Вторая подложка также является поляризационным фильтром, поэтому теоретически в исходном состоянии свет наружу не выпускается, так как его плоскость поляризации не совпадает с плоскостью фильтром. Молекулы в нематическом (то есть структурированном) жидком кристалле имеют вытянутую цилиндрическую форму. Благодаря направляющим бороздкам молекулы у противоположных подложек-поляроидов оказываются перпендикулярными друг другу. Чем ближе к центру кристалла, тем меньше угол взаимного поворота молекул. В итоге молекулы образуют пространственную спираль, по которой сворачивается плоскость поляризации света и свет выходит наружу. Такая технология называется скрученным нематическим кристаллом — *Twisted Nematic (TN).*

Если молекулы жидких кристаллов попадают в электрическое поле, они выстраиваются между электродами. Электроды расположены на обоих подложках, поэтому поле разворачивает молекулы вдоль силовых линий. Чем сильнее разность потенциалов между электродами, тем меньше поворот вектора поляризации молекулами, тем меньше света выходит на-



Принципиальное устройство ЖК-дисплея технологии TN

ружу. При максимальной разности потенциалов отклонения вовсе не происходит и свет наружу не пропускается.

Для управления свойствами ячеек к ним подключают электроды, создающие разные электрические поля в отдельных местах экрана (в ячейках). ЖК-кристаллы типа *Super Twisted Nematic* имеют увеличенный с 90° до 270° торсионный угол (угол кручения) ориентации, что обеспечивает лучшую контрастность изображения при увеличении размеров монитора.

В активной матрице *(Active Matrix)* ячейки панели подключены к управляющим элементам, образующим матрицу из строк и столбцов. Технология тонкопленочных транзисторов *(Thin Film Transistor, TFT)* позволила назначить каждой ячейке переключающий транзистор, к коллектору которого подключены резистор и конденсатор. Когда по выбранным строке и столбцу подается управляющее напряжение, оно заряжает конденсатор. Заряд хранится конденсатором до следующего обновления кадра изображения. То есть конденсатор вкупе с транзистором запоминают состояние ячейки после снятия напряжения. Время реакции дисплея с активной матрицей снижено в лучших образцах до 8-10 мс (для пассивной матрицы — около 300 мс). Яркость отдельного элемента изображения остается неизменной весь период демонстрации, поэтому эффекты «замыливания» и дрожания изображения отсутствуют. Именно поэтому для ЖК-мониторов достаточной считается частота регенерации 60 Гц.

Технология TN+Film

Самой распространенной технологией производства активных матриц является *TN+Film.* Она основана на использовании в ячейках нематических жидких кристаллов в совокупности с покрытием специальной пленкой с высоким показателем преломления (для расширения углов обзора). Среди современных матриц *TN+Film* обладают наименьшим временем отклика. Но технология имеет и негативные стороны:

- сложность обеспечения строго перпендикулярной ориентации молекул приводит к высокому уровню черного цвета и низкому контрасту изображения;
- недостаточные углы обзора по вертикали;
- неточная цветопередача.

Технология IPS

Компании *NEC* и *Hitachi* разработали технологию производства жидкокристаллических матриц под названием *In-Plane Switching (IPS).* Согласно этой технологии оба электрода расположены на одной подложке, а молекулы жидких кристаллов поворачиваются единой плоскостью, не скручиваясь в спираль. В отсутствие напряжения свет полностью блокируется

перпендикулярными подложками-фильтрами и на экране отображается почти идеальный черный цвет. Приложенное напряжение разворачивает плоскость поляризации молекул, и свет начинает проникать наружу.

Матрицы *IPS* обеспечивают отличную цветопередачу и углы обзора около 170°. Вместе с тем, технология *IPS* имеет ряд недостатков:

- дороговизна производства;
- сравнительно невысокие яркость и контрастность;
- сравнительно высокое время отклика.

Технология MVA (PVA)

Компания *Fujitsu* разработала технологию производства жидкокристаллических матриц *Multi-Domain Vertical Alignment* (MVA), совместившую особенности *TN* и *IPS*. Электроды подведены к обоим подложкам. Но сами подложки не плоские, а имеют выступы, благодаря которым жидкий кристалл разбивается на домены. Все домены переключаются одновременно, но продольные молекулы в них наклоняются в противоположных направлениях. Если необходимо воспроизвести 50% серого, половина молекул будет повернута «боком», а половина — «торцом». По центру все молекулы будут иметь одинаковый половинный наклон (в разные стороны), то есть пропускать половину света. Такую же технологию использует компания *Samsung* под названием *PVA,* компания *Sharp* под названием *ASV*. Недостатков у технологии *MVA/PVA* всего два:

- сравнительно высокое время отклика;
- сравнительно небольшие углы обзора.

Параметры ЖК-дисплеев

Усилиями компаний-производителей в голову потребителя прочно внедряется мысль, что единственным критерием отбора современного ЖК-монитора является время отклика: чем оно меньше, тем лучше. При этом прочие параметры либо не принимаются во внимание, либо сознательно отодвигаются на задний план. На самом деле параметров, напрямую влияющих на удобство работы с монитором, гораздо больше.

Важнейшим параметром плоскопанельных дисплеев является стандартное *(Native)* разрешение. Оно соответствует числу пикселов по горизонтали и вертикали. Именно в стандартном разрешении ЖК-монитор воспроизводит изображение наиболее качественно. Разрешение определяется размером ячеек и диагональю панели. Сейчас производятся панели с ячейками размером 0,248-0,3 мм. Если панель ЖК-монитора поддерживает стандартное разрешение 1024x768, это значит, что на каждой из 768 линий расположено 1024x3 = 3072 ячейки. Заметим, что на ЭЛТ-мониторе можно установить разрешение больше стандартного (рекомендуемого) для данной величины диагонали экрана, а на ЖК-мониторе — нельзя

в принципе. Как правило, в ЖК-мониторах предусмотрена возможность использовать разрешение более низкое, чем стандартное. Обычно применяют метод растяжения *(Expansion)*. Он основан на интерполяции изображения с низким разрешением на всю площадь экрана. Понятно, что интерполяция ухудшает резкость изображения и вносит цветовые искажения.

Яркость — максимальная удельная светимость поверхности экрана. Измеряется в нитах *(nit)*. 1 нит = 1 кд/м^2 (кандела на квадратный метр). Чем больше это значение, тем светлее изображение. Типовая яркость белого цвета для мониторов *CRT* составляет около 120 кд/м^2; профессионалы, использующие при работе с графикой LCD-монитор, редко калибруют его так, чтобы яркость белого превышала 120 кд/м^2. Таким образом, даже яркость 220 кд/м^2, обеспечиваемая большинством продаваемых в настоящее время мониторов, является достаточной для повседневного использования. Средним считается значение яркости 220-250 кд/м^2, некоторые панели поддерживают более высокие значения.

Контрастность — это отношение разности яркостей отображаемых монитором белого и черного цветов к яркости белого цвета. Например, для дисплея, максимальная и минимальная яркости которого равны 200,5 кд/м^2 и 0,5 кд/м^2 соответственно, контрастность равна (200,5 - 0,5)/0,5 = 400:1. Считается, что чем выше контрастность, тем лучше различимы детали изображения, выше его четкость и меньше утомляемость при работе с монитором. На самом деле это не совсем так. Возьмем Монитор №1 с соотношением яркостей, приведенным выше, и сравним его с Монитором №2, отличающимся только максимальной яркостью, которая составляет 400,5 кд/м^2. Контрастность Монитора №2 будет равна 800:1, тем не менее, отображение этим монитором черного цвета не улучшилось по сравнению с Монитором №1, а отображение белого стало более ослепляющим. Поэтому важное значение имеет не собственно контрастность, а контрастность с учетом уровня черного цвета.

Цветовой охват современных ЖК-панелей достигает 16,7 млн. цветов. Но в типовых панелях *TN+Film* (а это практически все 15-ти и 17-дюймовые мониторы) используется 18-битное представление цвета, сужающее цветовой диапазон.

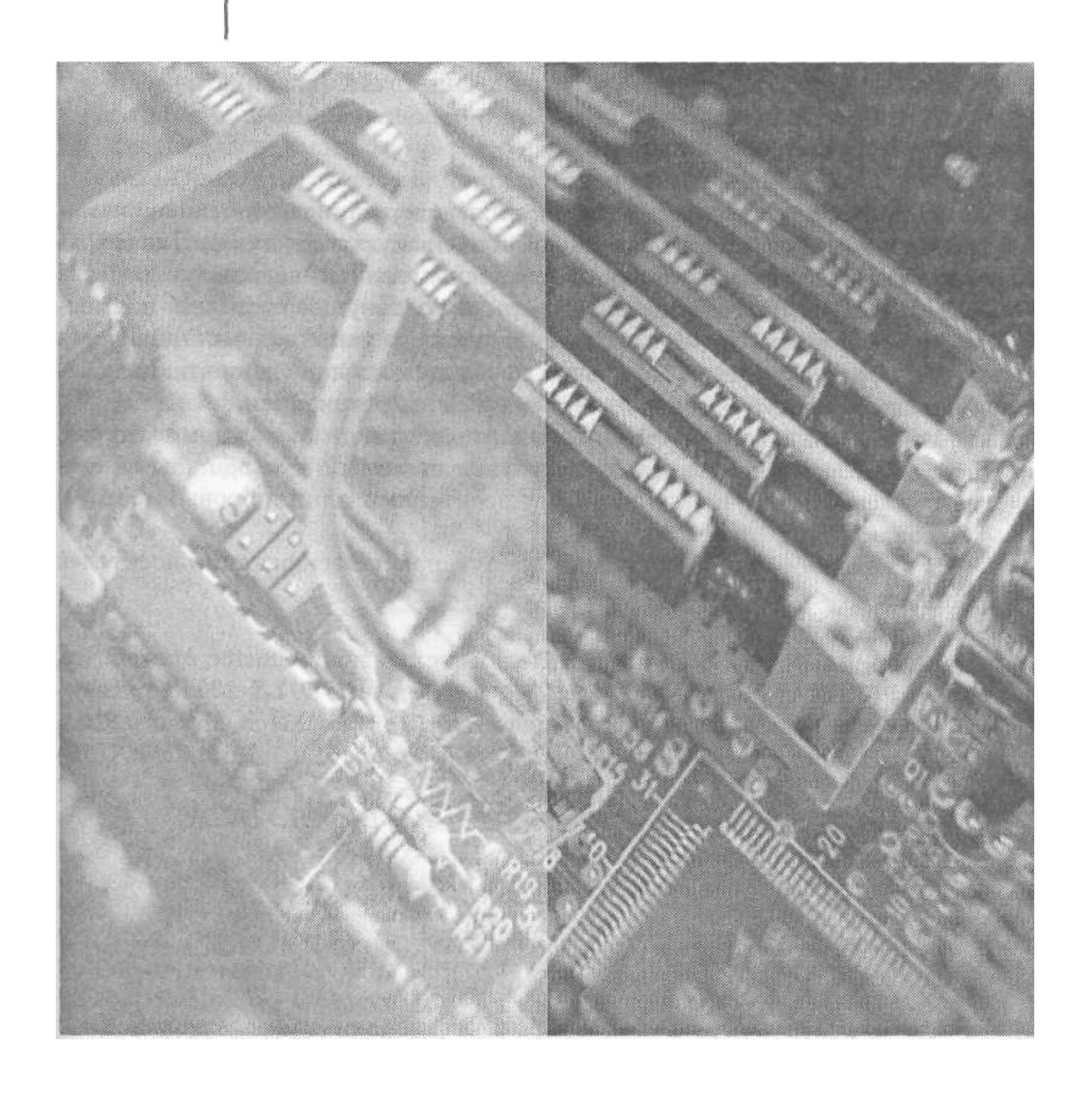
Угол обзора (по вертикали и горизонтали) характеризует зону восприятия изображения на экране без существенных искажений. Нормальным считается угол обзора по горизонтали 160-170°, по вертикали 120° и больше. Нормальные углы обзора обеспечат комфортное восприятие картинки одним человеком, расположенным по центру экрана. Коллективный просмотр, удобный на телевизорах и ЭЛТ-мониторах, для ЖК-дисплеев не рекомендуется.

Слабым местом ЖК-дисплеев остается время отклика (скорость переключения между режимами черный — белый — черный), которое реально

составляет 25-40 мс. Официальные цифры характеризует максимальное быстродействие, то есть суммарное время, затрачиваемое на увеличение яркости элемента экрана от 10 % до 90 % и уменьшение обратно до 10 %. В режимах пониженной яркости (менее 100%) оно увеличивается в 5-7 раз, что приводит к смазыванию изображения. Увеличение времени отклика приводит к размытию движущихся объектов. Этот параметр рекомендуется подбирать следующим образом: для динамичных 3D-игр — матрицы со временем отклика 16 мс, для кино и графики достаточно 25 мс, для офисной работы достаточно 40 мс.

Таким образом, к преимуществам ЖК-мониторов можно отнести малую глубину панели, действительно плоское изображение (без геометрических искажений), высокие значения яркости, низкое энергопотребление, отсутствие электромагнитных излучений. Существенных недостатков четыре: высокая цена, искажение цветов, единственный режим разрешения, обеспечивающий хорошее качество, малые углы комфортного обзора. Если проанализировать недостатки ЖК-мониторов, можно прийти к такому выводу: главный недостаток технологии в том, что невозможно приобрести монитор универсального назначения. То есть для офисной работы надо подбирать монитор с одним набором параметров, для игр — с другим, для работы с цветом — с третьим.

КОМПОНЕНТЫ



Накопители

- Жесткие диски
- Магнитные и оптические накопители
- Ленточные накопители
- Переносные диски
- Твердотельные накопители

Когда питание компьютера отключается, содержание оперативной памяти утрачивается вследствие разряда конденсаторов в ячейках. Для сохранения данных используют энергонезависимые запоминающие устройства (накопители), которые способны удерживать текущее состояние элементов памяти в отсутствие внешнего питающего напряжения. Однако для чтения и записи (стирания) данных необходимо подключение таких носителей к соответствующему интерфейсу и его активизация.

Многие виды носителей данных применяют не только в компьютерах, но и в бытовой технике. Практически все знакомы с музыкальными компакт-дисками или твердотельными носителями для цифровых фото- и видеокамер.

В настоящее время сложилась следующая классификация носителей данных:

- жесткие диски;
- съемные дисковые магнитные носители (гибкие диски, *MicroDrive, PCMCIA-Disk, Click Drive, ZIP, JAZ, Orb, HiFD, LS-120* и другие);
- компактные твердотельные носители *(CompactFlach, Memory Stick, xD Picture Card, SmartMedia, SecureDigital, MultiMedia Card, USB-Drive);*
- оптические носители *(CD, DVD, Blu-Ray Disk, HD DVD);*
- магнитооптические носители;
- ленточные накопители (стримеры).

Жесткие диски

Жесткие диски (*Hard Drive*) являются основным видом компьютерных накопителей. Если отбросить крайности, любой компьютер бытового класса должен иметь хотя бы один жесткий диск. На жесткий диск устанавливают операционную систему и приложения. Там же хранят документы различного типа — от текстов до видеоклипов. Жесткий диск считается внутренним компонентом компьютера. Среди потребительских качеств жесткого диска выделим главные: емкость (объем), используемый интерфейс, скорость обмена данными, надежность, шумность и тепловыделение.

Накопитель на жестких магнитных дисках содержит четыре основных элемента (блока): пакет дисковых пластин на вращающейся оси, головки чтения-записи, позиционер (актюатор), контроллер. Дисковая пластина состоит из основы и магнитного покрытия, на которое записываются данные. Основу изготавливают из алюминиевых сплавов, а в последнее время из керамики или стеклянных компонентов. Магнитное покрытие обычно выполняется из оксида железа. Современные технологии (например, с антиферромагнитной связью), требуют применения двух слоев магнитного покрытия с прослойкой из парамагнитного материала.

Данные хранятся на пластинах в виде концентрических дорожек, каждая из которых разделена на секторы по 512 байт, состоящие из горизонтально ориентированных доменов. Ориентация доменов в магнитном слое служит для распознавания двоичной информации (0 или 1). Размер доменов определяет плотность записи данных.



крепежные отверстия

Устройство жесткого диска

Освоить современные технологии производства жестких дисков могут только крупные фирмы, потому что организация изготовления сложнейших головок, пластин, контроллеров требует крупных финансовых и интеллектуальных затрат. В настоящее время жесткие диски производят семь компаний: *Fujitsu, Hitachi, Maxtor, Samsung, Seagate, Toshiba* и *Western Digital.* Причем *Toshiba* и *Fujitsu* не выпускают продукты для настольных систем.

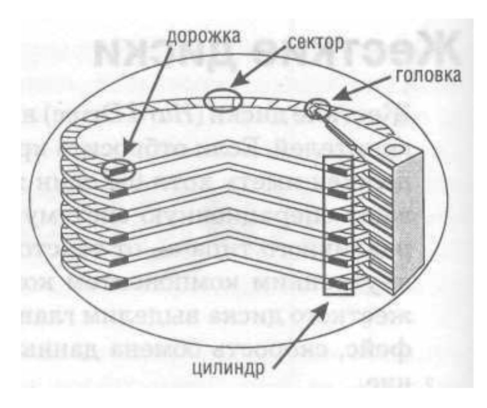


Схема хранения данных на жестком диске

Практически все современные жесткие диски (в просторечии традиционно именуемые «винчестерами») выпускаются по технологии, использующей магниторезистивный эффект (магниторезистивные головки производятся с 1991 г.). Благодаря этому емкость дисков росла быстрыми темпами за счет повышения плотности записи информации. Появление в 1999 г. изобретенных фирмой *IBM* головок с гигантским магниторезистивным эффектом *(GMR — Giant Magnetic Resistance)* привело к повышению плотности записи до 6,4 Гбайт на одну пластину в уже представленных на рынке изделиях. Плотность записи и емкость диска тесно связаны между собой. Поверхностная плотность записи зависит от расстояния между дорожками (поперечная плотность) и минимального размера магнитного домена (продольная плотность). Обобщающим критерием выступает плотность записи на единицу площади диска или емкость пластины. Чем выше плотность записи, тем больше скорость обмена данными между головками и буфером (внутренняя скорость передачи данных). Постепенно резервы роста, обусловленные отмеченным выше технологическим скачком, пошли на убыль. К 2003 г. типовая емкость пластин жестких дисков достигла 80 Гбайт. В 2004 г. появились диски с пластинами емкостью 100 Мбайт, в 2005 г. — 133 Мбайт.

Производители всеми силами пытаются выжать последние соки из существующих технологий магнитной записи, дружно переходя на адаптивное форматирование пластин в зависимости от характеристик каждой конкретной пары «головка-пластина». Индустрия также возвращается к проверенному годами способу наращивания объема накопителей — путем увеличения количества магнитных пластин и головок. Впрочем, рынок устройств хранения данных для настольных ПК на данный момент не испытывает острой необходимости в повышении объемов дисков. Самыми ходовыми и вполне достаточными для подавляющего большинства персональных и офисных нужд сейчас являются модели объемом от 80 до 160 Гбайт.

В ближайшие годы ожидается внедрение магнитных пластин с вертикально ориентированными магнитными доменами. В опытных образцах таких дисков достигнута плотность записи 230 Гбит на квадратный дюйм.

В последнее время активно развивается тенденция увеличения объемов и скорости накопителей системы хранения данных за счет внедрения «бытовых» *RAID*-массивов. Простейшие контроллеры *RAID* уровней 0 и 1 уверенно прописались даже в дешевых чипсетах системных плат. При нынешних ценах на винчестеры выгоднее купить два диска по 80 Гбайт и собрать на них *RAID 0,* увеличив при этом и быстродействие, и емкость, чем ставить один диск на 160 Гбайт. 2004 год стал стартовым для технологии *Matrix Storage,* примененной *Intel* в чипсетах *925X/915.* Эта технология позволяет всего на двух *SATA*-дисках организовывать два независимых RAID-массива — типа «Strip для увеличения скорости и зеркальный для увеличения надежности. Кроме того, появились дешевые четырехдисковые *SATA*-массивы *RAID* уровня 10 (сочетающих в себе надежность зеркалки и высокую скорость и объем *Strip).* Например, встроенные контроллеры *RAID 10* имеются в чипсетах *SiS, VIA* и *nVidia.*

Важным этапом развития систем хранения стало широкое внедрение интерфейса *Serial ATA.* Цены на *SATA* и *ATA* модели винчестеров почти сравнялись, появилось более производительное поколение контроллеров и дисков с поддержкой интерфейса *Serial ATA II* с удвоенной скоростью передачи данных (3 Гбит/с).

Магнитно-резистивные головки

Принцип работы магнитно-резистивной *(MR)* головки при чтении данных состоит в заметном изменении сопротивления протекающему электрическому току при изменении напряженности магнитного поля. Элемент чтения головки представляет собой сверхтонкую пленку из специального материала, который меняет сопротивление в зависимости от ориентации магнитных доменов на поверхности вращающегося диска. Ориентация доменов определяется тем, какой бит (0 или 1) записан в данный элемент.

Канал чтения данных непрерывно пропускает ток через головку, и потому изменение сопротивления пленки мгновенно регистрируется. Данные поступают в специальный компаратор, который окончательно определяет, какой бит был считан, и далее направляет сформированный сигнал нуля или единицы.

Сопротивление пленки, находящейся в магнитно-резистивной головке, имеет определенную зависимость от температуры нагрева. В нормальных условиях, при раскрученном до рабочих оборотов диске, воздушный поток приподнимает головку над диском и она парит на расстоянии в несколько микрометров над гладкой поверхностью. Если же внутрь диска попадут частицы, сопоставимые по размерам с зазором между головкой

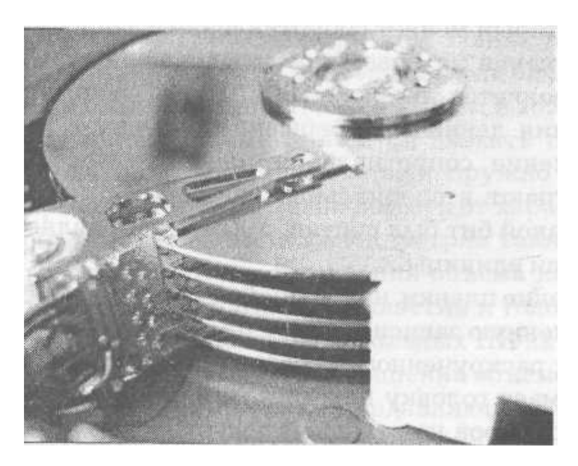
и поверхностью, то они, проносясь с огромной скоростью, задевают парящую головку и мгновенно разогревают ее за счет трения. Такой нагрев тут же резко повышает сопротивление пленки. Канал чтения не может верно интерпретировать изменение сопротивления, и происходит сбой.

Постоянное воздействие температуры преждевременно выводит головку из строя, а сталкивающиеся с пленкой частицы действуют как абразив. Способность головки реагировать на изменение магнитного поля ухудшается со временем (на диске появляются все новые и новые нечитаемые сектора, или, как говорят, диск начинает «сыпаться»), и в конечном итоге происходит полный выход головки из строя.

Если корпус жесткого диска выполняют герметичным, а производство относится к сверхчистым, то откуда берутся посторонние частицы? Как правило, они образуются внутри самого диска в результате ударных воздействий. Причем микрочастицы могут отколоться от поверхности «блинов» или других компонентов, размещенных внутри герметичного корпуса. Кроме того, в результате удара головки о поверхность диска на ней могут появиться неровности, которые действуют еще хуже, чем микрочастицы.

В жестких дисках с интерфейсом *ATA* обычно используют 1—5 пластин, с интерфейсом *SCSI* — до 10. Распознать, какие именно технологии применены в конкретной модели жесткого диска, можно по соотношению его емкости и числа пластин. Предпочтительнее приобретать жесткие диски с наивысшей удельной плотностью — меньшее число пластин упрощает механику и повышает надежность работы, а также снижает стоимость.

Скорость вращения жесткого диска в основном влияет на сокращение среднего времени доступа (поиска). Повышение общей производительности особенно заметно при выборке большого числа файлов. Сегодня стандартом частоты вращения для жестких дисков с интерфейсом *ATA*

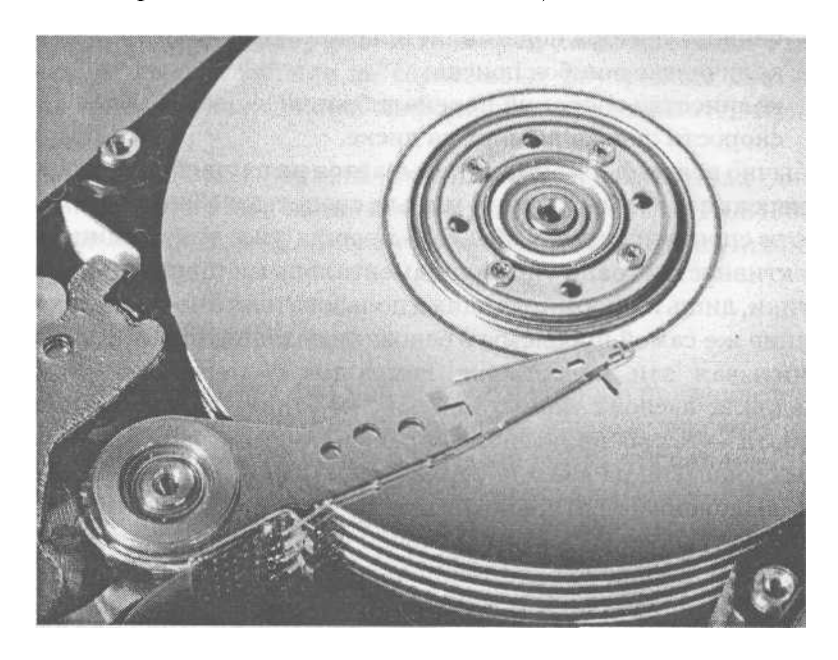


Жесткий диск ATA с пятью пластинами

считается значение 5400/7200 оборотов в минуту (среднее время доступа 9-10 мс), с интерфейсом *SCSI* — 7200/10000 оборотов в минуту (среднее время доступа 7-8 мс). Для интерфейса *SCSI* появились диски с частотами вращения до 15 000 оборотов в минуту. Каждая «ступенька» прироста скорости обеспечивает увеличение общей производительности примерно на 25%. Следует обратить внимание на температурный режим работы устройств с высокими частотами вращения (особенно 10 000 и более оборотов в минуту). Многие из них требуют специальных мер по охлаждению, вплоть до установки отдельных вентиляторов.

Надежность хранения данных

На первом месте в списке параметров жесткого диска несомненно стоит надежность. Большинство пользователей не занимаются ежедневным резервным копированием данных, и потому поломка жесткого диска означает для них не просто приостановку работы, но и решение непростых проблем восстановления информации. Иногда стоимость таких работ превышает цену нового винчестера. Обычным показателем для дисков с интерфейсом *IDE* считается наработка на отказ 300 000-500 000 часов, с интерфейсом *SCSI* — до 1 000 000 часов. Этот параметр является чисто статистическим. Для конкретного экземпляра он означает, что за период в 1000 часов его работы вероятность выхода из строя составит 0,5% (при показателе наработки на отказ 200 000 часов).



Повреждениеголовокжесткогодискавследствиеперегрева

Для повышения надежности большинство производителей применяют в жестких дисках различные вариации технологии *S.M.A.R.T.* (*Self-Monitoring Analysis and Reporting Technology* — технология самотестирования и анализа). Обычно предусматривается автоматическая проверка целостности данных, состояния поверхности пластин, перенос информации с критических участков на нормальные и другие операции без участия пользователя. В случае нарастания фатальных ошибок программа своевременно выдаст сообщение о необходимости принятия срочных мер по спасению данных.

Основные положения *S.M.A.R.T.* были согласованы несколько лет назад с участием всех крупных производителей дисков и компьютеров. Для анализа надежности жесткого диска используются две группы параметров. Первая характеризует параметры естественного старения жесткого диска:

- число циклов включения/выключения диска;
- накопленное число оборотов двигателя за время работы;
- количество перемещений головок.

Вторая группа параметров характеризует текущее состоянии накопителя:

- высота головки над поверхностью диска;
- скорость обмена данными между дисками и буфером (кэш-памятью);
- количество переназначений плохих секторов (когда вместо испорченного сектора подставляется свободный исправный);
- количество ошибок поиска;
- количество операций перекалибровки;
- скорость поиска данных на диске.

Обычно вся информация записывается на служебных дорожках, недоступных аппаратным и программным средствам общего применения.

Хотя спецификация *S.M.A.R.T.* прошла уже три стадии развития, ее эффективность ограничена фундаментальными принципами ранней диагностики, лишь информирующими пользователя о появившейся проблеме. Решение же самой проблемы в основном возлагается на пользователя.

Учитывая эти недостатки, компания *Western Digital* разработала и внедрила в своих новых моделях жестких дисков технологию *Data Lifeguard* — встроенную систему ранней диагностики, изоляции поврежденных участков рабочей поверхности и переноса данных с них в специально выделенные резервные области. Она производит ежедневную автоматическую профилактику рабочей поверхности, сканируя, выделяя и восстанавливая сектора, потенциально подверженные потере данных.

Все сектора на жестком диске, доступные операционной системе, сканируются в те промежутки времени, когда диск не опрашивается системой (то есть находится в режиме «холостого хода»). Как правило, обра-

щения к диску со стороны операционной системы занимают не более 10% рабочего времени, поэтому оставшихся 90% вполне хватает для служебных надобностей.

Сектора, требующие повторного обращения и восстановления, перезаписываются. Если при повторном считывании вновь фиксируется ослабление сигнала, данные переносятся в новый сектор, на неповрежденный участок поверхности.

В целом алгоритм работы *Data Lifeguard* таков. Проводится проверка проблемных секторов с использованием механизма *ECC (Error-Correction Code).* Ведется и запись сведений о секторах, не подлежащих восстановлению. В процессе последовательной записи данных в подозрительные сектора производится проверка на чтение.

В момент обращения к диску процесс диагностики/восстановления приостанавливается. Процедура возобновляется с переходом диска в холостой режим.

Общая производительность дисковой системы при этом не только не падает, а даже повышается, поскольку операционная система не тратит время на проверку, а количество повторных обращений к сбойным и проблемным секторам резко уменьшается. Процедура *Data Lifeguard* стартует автоматически после каждых восьми часов работы, что в среднем соответствует дневной нагрузке накопителя. Если сканирование поверхности прерывается командой операционной системы или отключением питания, процедура возобновляется с точки останова, после 15 минут работы под активной нагрузкой и 15 секунд холостого хода. Управление питанием и его отключение не сбрасывают внутренние счетчики *Data Lifeguard,* так что накопление информации продолжается при следующем включении.

Технология *Data Lifeguard* реализована в семействах дисков *WD Caviar* (интерфейс *IDE),* начиная с моделей *AC310100* и *AC313000,* а также в семействе дисков *WD Enterprise* (интерфейс *SCSI),* начиная с модели *WDE18300.*

Технология DualWave

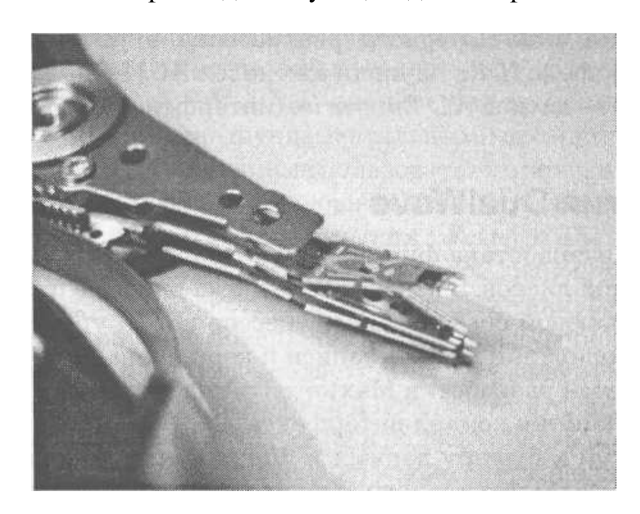
Технология разработана фирмой *Maxtor* и широко применяется в ее линейке жестких дисков. В контроллере диска впервые применено два процессора. Цифровой сигнальный процессор *(DSP)* управляет приводами, отвечает за операции чтения-записи и коррекции ошибок. *RISC-процессор* собственной разработки Maxtor оптимизирован для операций ввода-вывода и обработки команд интерфейса *ATA.* Оба процессора имеют свободный доступ к буферу данных и шине обмена данными между собой. Технология *DualWave* позволяет существенно повысить эффективность работы с файлами большого объема (видео, трехмерные игры, базы дан-

ных). Например, жесткий диск *DiamondMax 6800* со скоростью вращения 5400 об./мин., оснащенный блоком *DualWave,* на многих тестах уверенно опережает обычные диски со скоростью вращения 7200 об./мин. К тому же диски *Maxtor* с контроллером *DualWave* оказались одними из самых бесшумных.

Защита от ударных воздействий

Как показали исследования, основной причиной необратимого выхода жестких дисков из строя является ударное воздействие. Удары возможны как в процессе доставки жесткого диска с завода-изготовителя к месту сборки компьютера, так и в период эксплуатации диска. Поэтому ведущие фирмы, выпускающие жесткие диски, уделяют пристальное внимание развитию технологий, предотвращающих вредные последствия ударных нагрузок.

Фирма *Quantum* с 1998 г. развивает технологию *SPS (Shock Protection System),* впервые внедренную в накопителях серии *Fireball EL.* Она представляет собой ряд конструктивных решений, направленных на поглощение энергии удара и минимизацию отрицательного эффекта. Самым пагубным последствием таких ударов является отрыв головки от диска и затем резкое касание поверхности. Согласно технологии *SPS* основная энергия удара поглощается конструкцией привода головки, что предотвращает касание поверхности и появление осколков (микрочастиц). Однако повышенная стойкость к ударам достигалась только в нерабочем состоянии накопителя (когда головки припаркованы). В 1999 г. в дисках *Quantum* была внедрена технология *SPS II,* обеспечивающая защиту на работающем винчестере. В действующем диске при возникновении удар-



Повреждение головок жесткого диска вследствие удара

ной нагрузки операции записи/чтения мгновенно прекращаются, а данные записываются в локальную кэш-память. Они переносятся на диск позже, когда энергия толчка будет поглощена и диск вновь окажется в спокойном состоянии.

Компания *Seagate* использует в своих дисках технологию *GFP (G-force protection).* Рядом конструктивных мер обеспечивается большая степень защиты таких компонентов, как двигатель и подшипник вращения шпинделя, головки, гибкие держатели головок и сами диски. Уменьшив массу и размеры головок, а также увеличив величину зазора между держателем и диском, инженеры компании заметно уменьшили кинетическую энергию этих компонентов, приобретаемую ими в момент удара. Дефекты, возникающие в подшипнике, ведут к повышенной шумности и вибрациям винчестера, что в конечном итоге выводит из строя двигатель. Проскальзывание дисков в узле крепления происходит достаточно редко, но даже в этом случае жесткие диски семейств *Barracuda* и *Cheetah* способны продолжить работу благодаря встроенной системе коррекции головок на каждый оборот диска *(once per revolution compensation — OPR).* В целом, по мнению производителя, применение *GPS* позволяет увеличить сопротивляемость ударным воздействиям на 30% для дисков семейства *Barracuda* и на 40% для семейства *Cheetah.*

Фирма *Maxtor* разработала свою собственную технологию, получившую название *ShockBlock.* Как и в технологиях конкурентов, проблема удара головки по поверхности решается в ней за счет уменьшения ее физических размеров и массы. Но здесь инженеры *Maxtor* применили оригинальное решение. Известно, что в нерабочем состоянии головки размещаются в так называемой зоне парковки *(landing zone),* куда запись информации никогда не производится. Поэтому, дополнительно укрепив покрытие магнитного диска в районе зоны парковки, удалось заметно уменьшить вероятность появления мелких частиц в случае, когда головка все же ударялась о диск накопителя в отключенном состоянии. На следующем этапе развития, в технологии *ShockBlock Enhanced,* удалось повысить стойкость к ударному воздействию с ускорением до 1000G. По мнению *Maxtor,* делая держатели головок из гибкого материала, конструкторы не только не снижают силу шлепка головки о диск, а даже увеличивают его (так называемый эффект «хлыста»). Поэтому фирма сделала держатели своих дисков более упругими. Правда, при этом пришлось решать проблему обеспечения стабильного зазора между головками и диском во время его вращения, что и было успешно выполнено. Кроме того, была изменена конструкция крепления головки к держателю таким образом, чтобы даже во время удара головка соприкасалась с диском всей поверхностью, а не кромкой. Это в несколько раз уменьшило вероятность появления осколков и частиц в результате удара.

Компания *Samsung* в накопителях серии *SpinPoint* использует собственные технологии защиты от ударов *ImpactGuard* и *Shock Skin Bumper*. По утверждению фирмы, стойкость дисков к ударному воздействию (в нерабочем состоянии) достигает 250G.

Шумность и нагрев

Наверняка некоторые читатели поменяли бы местами слова в заголовке — нагрев и шумность. Однако мы считаем, что в повседневной эксплуатации все-таки проблемы с шумностью диска стоят на первом месте. Во-первых, шумный диск действительно производит достаточно громкие звуки — до 30 дБ! Такой уровень звуковых помех уже существенно мешает комфортному прослушиванию музыки и звукового сопровождения фильмов. Во-вторых, для многих людей стало привычкой держать компьютер включенным постоянно. Если вы делите спальную комнату с компьютером, то шум жесткого диска просто не дает заснуть. Еще хуже, если во время ночной работы компьютер мешает спать другим членам семьи. Одним словом, нагрев влияет локально, а шум — глобально.

При выборе диска в первую очередь обращают внимание на его рабочие характеристики: емкость, время доступа и т. д. Однако не вредно поинтересоваться и уровнями шумов, создаваемых диском во время работы. Сами шумы могут быть двоякого рода: щелчки при перемещении головок и постоянный шум в достаточно широком спектре во время вращения шпинделя. Обычно спектр постоянного шума как раз перекрывает диапазон частот, к которому слух человека наиболее чувствителен (подробнее об этом написано в главе 9). Поэтому даже незначительный вроде бы уровень шума в этом диапазоне воспринимается обостренно.

Помимо приобретения менее шумной модели жесткого диска, в борьбе с шумом можно пойти более простым путем. Во-первых, надо прочно закрепить сам жесткий диск в отсеке на все необходимые крепления (как минимум, на четыре винта). Во-вторых, следует установить между корпусом диска и стенками отсека гасящие вибрацию проставки из резины. Наконец, можно сам жесткий диск закрепить в салазках с помощью резиновых распорок и уплотнителей, а салазки установить в отсек 5,25". Некоторые пользователи проводят звукоизоляцию компьютерной системы в целом (этого вопроса мы коснулись в главе 4).

Нагрев диска, по сути дела, является локальной проблемой, так как не влияет на комфортность работы с компьютером. Хотя в некоторых случаях слишком горячий диск нарушает тепловой баланс системы в целом и приходится принимать дополнительные меры для его охлаждения (подробнее о тепловом режиме системы рассказано в главе 4). Обычно справедливо правило, что больше греются высокооборотные и, следовательно, более производительные жесткие диски. Учитывая, что температуру воз-

духа внутри корпуса компьютера желательно поддерживать на уровне 25-35 °С, приходим к выводу, что рабочая температура жесткого диска до 48—50 °С не нарушит теплового баланса, если система охлаждения исправна. При более высокой температуре следует подумать о локальном охлаждении диска или установке более производительного вентилятора блокапитания.

RAID-массивы

Дисковые массивы с избыточностью данных, которые принято называть *RAID (Redundant Arrays of Independent Disks* — избыточный массив независимых дисков) известны с 1988 г. Действительно массовыми они стали с развитием *IDE RAID-контроллеров.* В современных адаптерах обычно реализована поддержка трех уровней (спецификаций): *RAID 0, RAID 1* и *RAID 0+1.*

RAID 0. Дисковый массив без гарантии отказоустойчивости (*Striped Disk Array without Fault Tolerance*). Представляет собой дисковый массив, в котором данные разбиваются на блоки и каждый блок записывается (считывается) на отдельный диск. Таким образом, можно осуществлять несколько операций ввода-вывода одновременно. Обеспечивает наивысшую производительность при интенсивной обработке запросов ввода/вывода и данных большого объема, но отказ одного диска влечет за собой



RAID-массив из 8(!) жестких дисков для домашнего компьютера

потерю всех данных массива. В контроллерах *IDE RAID,* как правило, можно создавать *Striped*-массивы из двух или четырех дисков. Объем массива равен объему наименьшего диска, умноженному на число дисков. При создании массива желательно использовать одинаковые диски.

RAID 1. Дисковый массив с дублированием, или «зеркалка» *(mirroring).* Зеркальное дублирование данных является традиционным способом повышения надежности дискового массива небольшого объема. В простейшем варианте используются два диска, на которые записываются одинаковые данные. В случае отказа одного из дисков остается его копия (дубль), которая продолжает работать в прежнем режиме. Преимущества заключаются в надежности, основной недостаток — удвоение стоимости хранения данных. В контроллерах *IDE RAID,* как правило, можно создавать зеркальные массивы из двух дисков. Объем массива равен объему наименьшего диска. В этом случае также желательно использовать одинаковые диски. Большинство современных контроллеров позволяют подключать «запасной» диск, на который в случае отказа одного из основных дисков массива вся информация пишется в фоновом режиме. В принципе, такая конфигурация выдерживает отказ двух дисков из трех.

RAID 0+1. Распределенный массив с зеркальным дублированием. Сочетает преимущества двух описанных выше уровней, но отличается высокой стоимостью, так как требует подключения минимум четырех дисков (создается распределенный массив из двух дисков, который зеркально дублируется). Полученная конфигурация устойчива к отказу одного диска, скорость работы чуть меньше, чем у распределенного массива из двух дисков. Кроме того, многие контроллеры позволяют сделать из нескольких дисков один виртуальный, равный по емкости суммарному объему используемых дисков (режим *spare).*

Магнитные и оптические накопители

Вопрос о технологиях хранения данных, альтернативных жесткому диску, обычно встает при возникновении задач резервного копирования и переноса информации. Жесткие диски создавались в качестве внутренних устройств компьютерной системы (за исключением специальных моделей) и потому плохо приспособлены для решения таких задач.

Самым массовым устройством для сменных носителей долгое время был привод флоппи-дисков *(FDD)* формата 3,5 дюйма. По некоторым оценкам, еще недавно продавалось около 100 миллионов штук флоппидисководов ежегодно. Даже сейчас дисководы для 3,5-дюймовых гибких дисков стоят на большинстве компьютеров. Их емкость (1,44 Мбайт) по современным меркам просто не стоит упоминания, а скорость обмена данными не удовлетворяет самым минимальным требованиям.

Устройства *HiFD* фирмы *Sony* полностью совместимы с дисками *FDD*. Они имеют высокую форматированную емкость (около 200 Мбайт), стандартный интерфейс *(FDD + IDE)*, а также хорошую скорость переноса данных (до 3,6 Мбайт/с). Однако высокие цены и проблемы с юстировкой головок «угробили» *HiFD*. Устройства *LS-120* фирмы *Imation* отличаются низкой скоростью чтения/записи (0,6 Мбайт/с), меньшей емкостью (120 Мбайт) и перспектив практически не имели с самого начала появления на рынке.

Рынок устройств *ZIP* фирмы *Iomega* был сравнительно узок, а сейчас совсем свернулся. И хотя *ZIP* после *FDD* были самым распространенным приводом «гибких» носителей, перспективы его печальны. Носитель представляет собой 3,5-дюймовый гибкий диск, данные с которого считываются головкой, поддерживающей постоянный зазор с поверхностью за счет эффекта Бернулли. Емкость диска 100 или 250 Мбайт при скорости передачи данных до 1,5 Мбайт/с и времени доступа около 30 мс. Последней разработкой фирмы *Iomega* стал «микро-*ZIP*»: компактный дисковод *Click Drive* формата *PC Card Type I* (емкость 40 Мбайт).

Рынок сменных жестких дисков одно время был практически монополизирован фирмами *Iomega* и *Castlewood*, точнее — их продуктами *Jaz* и *Orb*. Сравнение характеристик сменных жестких дисков со стационарными по времени поиска, частоте вращения и максимальной скорости передачи данных показывает, что сменные устройства ненамного уступают стационарным изделиям среднего класса. Однако емкость таких дисков не превышала 5,7 Гбайт, что на порядок меньше обычной емкости стационарных дисков.

Первый вариант 3,5-дюймового съемного жесткого диска под названием *Jaz* (объемом 1 Гбайт) был выпущен фирмой *Iomega* в 1996 г. Здесь скорость передачи данных достигает 5,4 Гбайт/с, время доступа составляет 12 мс. В конце 90-х годов выпущен дисковод *Jaz2* с носителями емкостью 2 Гбайт.

Инженеры из безвременно «скончавшейся» фирмы *SyQuest* организовали компанию *Castlewood System* и разработали привод сменных жестких дисков под названием *Orb*. Благодаря использованию магниторезистивных головок удалось повысить плотность записи и достичь емкости 3,5-дюймовых носителей 2,16 Гбайт при скорости чтения до 12,2 Мбайт/с. Дальнейшее совершенствование технологии и переход на головки *GMR* позволил поднять емкость накопителя до 5,7 Гбайт при скорости передачи данных до 17,3 Мбайт/с.

Для бытовой цифровой техники и компактных компьютеров разработаны съемные жесткие диски форм-фактора *PC Card Type II (IBM Microdrive*, емкость до 2 Гбайт) и *PC Card Type I (Toshiba PC Card Drivers*, емкость до 6 Гбайт). Диск толщиной всего 5 мм отличается неплохими показателями: среднее время поиска 12 мс, максимальная внутренняя ско-

рость передачи данных 60 Мбайт/с. Реальная скорость передачи зависит от особенностей реализации интерфейса *PCMCIA* на конкретном компьютере и в среднем составляет 800 Кбайт/с.

Оптические накопители

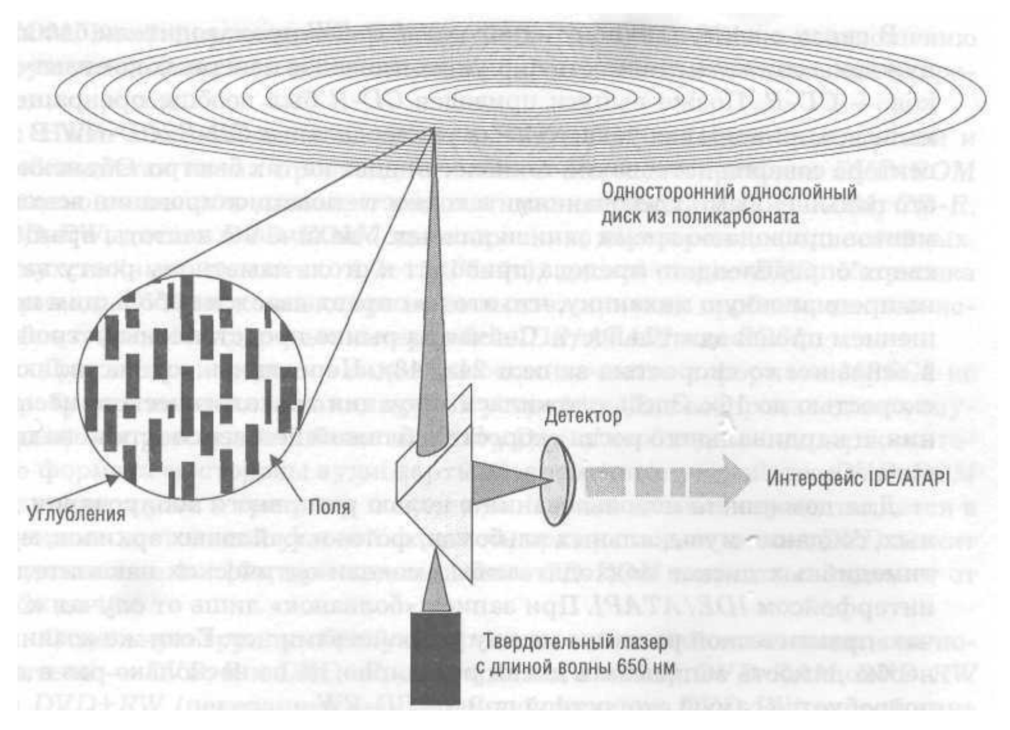
Современные приводы *CD-ROM* достигли высоких скоростей считывания информации с лазерного компакт-диска благодаря внедрению технологии *CAV (Constant Angular Velocity* — постоянная угловая скорость). В этом режиме частота оборотов диска остается постоянной, соответственно на периферийных участках данные считываются с большей скоростью (4—7,8 Мбайт/с), чем на внутренних участках (2-3,5 Мбайт/с). Средняя скорость считывания при этом гораздо ближе к минимальным значениям, поскольку запись на диске начинается с внутренних областей. Сегодняшние максимальные скорости дисководов, указываемые производителями (до 58), традиционно рассчитываются исходя из кратности по отношению к стандартной единице, равной производительности 150 Кбайт/с.

Для высокоскоростных приводов частота вращения превышает 10 000 оборотов в минуту. На таких скоростях начинают сильно сказываться дефекты производства (и хранения) лазерных дисков: неравномерность массы, искажения геометрии. В качестве аналогии можно привести автомобильные колеса, которым необходима специальная балансировка для комфортного движения на больших скоростях. На лазерных дисках балансировку выполнить невозможно, поэтому изготовители приводов прибегают к различным ухищрениям, призванным уменьшить паразитные биения.

В частности, приводы фирмы *ASUSTeK* оборудованы специальными демпфирующими устройствами, повышающими надежность считывания данных с «кривых» дисков. Отсутствие демпферов приводит к тому, что в высокооборотных приводах «кривые» компакт-диски могут разрушаться. Достоверно зафиксировано немало таких случаев, а иногда привод становится просто опасным — лоток *CD-ROM* внезапно выскакивает и запускает диск в полет с бешеной скоростью.

На реальных задачах разница в производительности приводов, имеющих скорости в диапазоне 24х-50х, для пользователя практически не ощутима и может быть замерена только специальными тестами. Более скоростные приводы обладают преимуществом в случае считывания большого объема непрерывно расположенных данных (например, при установке программного обеспечения или загрузке цветных изображений высокого разрешения).

Сегодня большая часть приводов *CD-ROM* выпускается с интерфейсом *IDE/ATAPI* с поддержкой протокола *UltraDMA.* Область применения приводов с интерфейсом *SCSI* — графические станции, серверы и другие



Принцип действия дисковода CD-ROM

мощные системы. Пока только *SCSI* способен поддержать надежное функционирование систем с подключением нескольких приводов *CD-ROM* и их работу в многозадачном режиме при потоковой перекачке данных.

Внешние приводы *CD-ROM* обычно делают с интерфейсом *USB*. Они могут подключаться к компактным компьютерам без собственного привода или к терминальным устройствам, вообще не имеющим никаких дисков.

Отметим важную особенность большинства версий *BIOS* современных системных плат — возможность назначить в качестве загрузочного (первичного) устройства привод *CD-ROM*. Это значительно облегчает задачу восстановления системы в случае фатального сбоя на жестком диске. Недаром лазерные компакт-диски, имеющие загрузочный сектор, операционные системы и набор утилит для восстановления, носят собирательное название «реанимационных».

Время от времени среди компьютерных новостей появляются сообщения о новых «революционных» решениях в технологии производства (записи) компакт-диска. Некоторые из них получают право на жизнь. Например, технология *OverBurn* позволяет полностью заполнить поверхность диска данными, расширив его стандартную емкость (650 Мбайт) до 700 Мбайт.

В связи с наступлением технологий *CD-RW* производители были вынуждены снижать стоимость пишущих приводов лазерных компакт-дисков — *CD-R*. Позже выпуск приводов *CD-R* был вообще прекращен, и ныне все приводы выпускаются как универсальные *CD-R/CD-RW*. В этом секторе совершенствование технологий идет не так быстро. Объясняется это повышенными требованиями к точности позиционирования всех элементов привода во время записи данных. Увеличение частоты вращения сверх определенного предела приводит к столь заметному росту затрат на прецизионную механику, что это не оправдывается небольшим повышением производительности. Сейчас на рынке представлены устройства в основном со скоростью записи 24x-48x. Перезапись осуществляют со скоростью до 16x. Здесь сложилась ситуация технологического насыщения, и кардинального роста скорости в ближайшей перспективе не предвидится.

Для домашнего использования с целью резервного копирования данных, создания музыкальных альбомов, фото- и файловых архивов, мультимедийных дисков подходят любые модели оптических накопителей с интерфейсом *IDE/ATAPI*. При записи «болванок» лишь от случая к случаю практической разницы между устройствами нет. Если же возникает необходимость записывать диски регулярно, да по несколько раз в день, потребуется самый скоростной привод *CD-RW*.

Неоспоримым преимуществом *CD-RW* перед другими приводами лазерных компакт-дисков является возможность многократной записи на одном диске. По скорости чтения приводы *CD-RW* практически сравнялись с приводами *CD-ROM*. Поэтому дисководы *CD-RW* постепенно заменяют в настольных компьютерах обычные приводы для чтения лазерных дисков и становятся универсальными устройствами для чтения, резервного копирования и переноса данных. Стоимость самих оптических носителей также снизилась до величин, позволяющих широко использовать болванки *CD-R* вместо дискет, *ZIP* и прочих магнитных носителей.

С внедрением технологии *BURN-Proof (Buffer UndeRuN-Proof* — защита от опустошения буфера) снята проблема порчи «болванок» при отсутствии данных в буфере. Дальнейшим шагом на пути упрощения применения *CD-RW* в массовых системах стало внедрение технологии *EasyWrite,* поддерживающей возможность пакетной записи на диски *CD-R/CD-RW* напрямую, средствами файлового менеджера, без применения специальных драйверов типа *Direct CD*. Эта технология поддерживается и в операционной системе *Windows XP*.

На российском рынке приводы *DVD* различных стандартов перешли в категорию устройств бытового класса. Объясняется это, прежде всего, увеличением предложения носителей с фильмами и резким падением цен на них. Приводы стандарта *DVD-ROM* (только чтение) перешли в категорию дешевых устройств, и цены на них стали сравнимы с моделями *CD-*

ROM. Комбинированные приводы *DVD-ROM/CD-RW* по соотношению функциональности и цены оказались более удачными и пользуются хорошим спросом.

Ныне спецификация на формат *DVD-ROM* является стандартной и соблюдается всеми производителями. С помощью приводов *DVD-ROM* можно считывать данные с компакт-дисков форматов *CD-ROM, CD-R, CD-RW,* дисков *DVD-ROM* (односторонних, двусторонних, однослойных, двухслойных, емкостью 4,7-17 Гбайт), дисков видео-DVD. Установка привода *DVD* на компьютере не вызывает никаких проблем, так как используются стандартные интерфейсы *IDE/ATAPI* или *SCSI*.

Для воспроизведения видео высокого качества в формате *MPEG2* не требуется наличия никаких других устройств. Для воспроизведения звукового сопровождения качества *Dolby Digital* необходима поддержка этого формата со стороны аудиокарты. Современные устройства *DVD-ROM* относятся уже к третьему поколению. Чтение данных осуществляется в режиме постоянной угловой скорости, кратность для дисков *DVD* лежит в диапазоне 4x—12x, при чтении дисков *CD-ROM* скорость составляет от 12x до 48x.

Отдельную группу образуют приводы с возможностью записи на носитель — *DVD-R* и *DVD+R* (однократная запись); *DVD-RAM, DVD-RW* и *DVD+RW* (перезаписываемые). Спецификация *DVD-RW* разработана группой крупнейших японских компаний, в числе которых *JVC, Hitachi, Mitsubishi* и другие монстры. Спецификацию *DVD+RW* поддерживают фирмы *Sony, Philips, Yamaha* и прочие не менее мощные корпорации. С точки зрения покупателя потребительские свойства обоих вариантов практически одинаковы. В качестве универсального решения предлагаются комбинированные приводы *DVD±RW*.

Магнитооптические накопители

Магнитооптические носители представляют собой многослойные диски, запись и чтение данных на которых основаны как на магнитных, так и на оптических свойствах. При чтении данных используется эффект Керра: изменение поляризации отраженного лазерного луча в зависимости от направления намагниченности облучаемого участка диска. Запись осуществляется внешним магнитным полем за два прохода: при первом проходе данные стираются, при втором проходе записываются новые данные.

Свойства используемых материалов таковы, что изменить направление намагниченности нужного участка можно только при его нагреве до точки Кюри (примерно 200 °C). При обычных температурах носитель не подвержен влиянию магнитных и электрических полей и потому чрезвычайно надежен — считается, что гарантированный срок хранения данных превышает 30 лет.

Магнитооптические устройства получили широкое распространение в компьютерных системах высокого уровня благодаря своей универсальности. С их помощью без особых проблем решаются задачи резервного копирования, обмена данными и их накопления. Однако достаточно высокая стоимость приводов и носителей не позволяет отнести магнитооптику к устройствам массового спроса. В этом секторе параллельно развиваются 5,25- и 3,5-дюймовые накопители, носители для которых отличаются в основном форм-фактором и емкостью.

В настоящее время известны обычные магнитооптические носители *(Magneto Optical)* с однократной записью стандарта *CCW (Continuous Composite WORM)* и перезаписываемые стандарта *LIMDOW (Light Intensity Modulation/Direct OwerWrite)*. Последнее поколение носителей формата 5,25 дюйма достигает емкости 9,1 Гбайт. Стандартная емкость для 3,5-дюймовых носителей — 640 Мбайт. В формате 3,5 дюйма была разработана новая технология *GIGAMO*. Она обеспечивает емкость носителей в 2,3 Гбайт и полностью совместима сверху вниз с предыдущими стандартами. Накопители и диски форм-фактора 5,25 дюйма поддерживают технологию *NFR (Near Field Recording)*, которая обеспечивает емкость дисков до 40 Гбайт.

Ленточные накопители

Существуют такие области деятельности, где до сих пор отлично чувствуют себя «древние» ленточные накопители, история которых прослеживается с 1972 года — времени появления стримера с кассетой формата *QIC (Quarter-Inch tape Cartridge* — четвертьдюймовая кассета). С тех пор ни один другой вид носителя не смог превзойти магнитную ленту по сочетанию низкой стоимости хранения единицы данных и надежности. Стримеры широко используют в системах разведки, безопасности, связи, навигации и в десятке других областей, где надо непрерывно записывать огромные массивы данных при безусловном обеспечении надежности хранения. Для домашнего компьютера использование стримера может быть актуальным в случае увлечения владельца видеосъемкой.

На сегодняшний день существует несколько форматов носителей (и стримеров) на магнитной ленте. Одним из самых распространенных является формат *Travan* различных версий. Актуальная ныне спецификация *Travan-5* имеет емкость кассет 10 Гбайт (20 Гбайт в сжатом виде) при скорости передачи данных до 1,8 Мбайт/с.

Спецификация *DAT (Digital Audio Tape* — цифровая звуковая лента) появилась, как явствует из названия, в сфере профессиональной звукозаписи. Этот формат характеризуется повышенной скоростью движения ленты, использующей технологию спиральной развертки. Емкость кас-

сет стандарта *DDS-4* достигает 20 Гбайт, а скорость передачи данных — 4,8 Мбайт/с.

В 1996 г. компанией *Exodata* был разработан собственный формат 8-мм магнитной ленты со спиральной разверткой — *AIT (Advanced Intelligent Tape)*. В кассету встроена микросхема флэш-памяти, содержащая информацию о параметрах самой кассеты и расположении данных на ленте. Ныне действующая спецификация *AIT-3* рассчитана на кассеты емкостью 100 Гбайт (260 Гбайт со сжатием данных) и скорость передачи данных до 12 Мбайт/с. Формат *AIT-6* предусматривает увеличение емкости до 800 (2000) Гбайт и скорости до 95 Мбайт/с.

Компания *Quantum* выпускает стримеры с кассетами формата *Super DLT (Digital Linear Tape),* отличающиеся «нежным» обращением с лентой. В результате срок службы головки стримера достигает 30 тысяч часов. Емкость кассеты *SDLT-320* составляет 160 Гбайт (320 Гбайт со сжатием данных), скорость передачи данных — до 16 Мбайт/с. Носители формата *LTO (Linear Tape Open)* разработаны как свободная от лицензионных отчислений версия *SDLT.* Согласно спецификации *Ultrium* кассеты *LTO* обеспечивают емкость 100 (200) Гбайт, а скорость передачи данных составляет около 20 Мбайт/с.

Переносные диски

Внешние переносные жесткие диски не относятся к какой-либо особой категории носителей — их параметры в точности соответствуют внутренним моделям. Технические решения, обеспечивающие переносимость обычных жестких дисков *(Mobile Rack),* известны сравнительно давно (благодаря внедрению «противоударных» технологий) и успели завоевать популярность среди массовых пользователей. Суть технологии заключается в том, что в корпусе компьютера, в одном из отсеков для внешних устройств (обычно формата 5,25 дюйма) устанавливается разъем, подключенный к интерфейсу *IDE/ATA* и блоку питания. В этот отсек может вставляться съемный пластиковый контейнер с соответствующим разъемом, внутри которого закреплен обычный жесткий диск. При подключении к системе жесткий диск опознается как еще один винчестер и конфигурация происходит автоматически. Если необходимо перенести данные на другой компьютер, они копируются на переносной диск, система выключается, контейнер вынимается из отсека и переезжает в такой же отсек, оснащенный таким же разъемом.

В последнее время на рынке расширяется предложение внешних накопителей с интерфейсами *FireWire (IEEE1394)* и *USB 2.0,* которые превосходят систему *Mobile Rack* (с интерфейсом *IDE)* по универсальности. Поддержка *USB* обеспечена на всех без исключения платах стандарта

ATX, однако по скорости работы такое решение не вполне удовлетворяет современным требованиям. К тому же *USB* не всегда может обеспечить жесткий диск достаточным электропитанием и иногда требуется дополнительный кабель на порт *PS/2* или внешний блок питания.

Твердотельные накопители

Казалось бы, что среди носителей может быть «тверже» жесткого диска? Однако нашлись другие чемпионы по «твердости» — устройства, выполненные на микросхемах (кристаллах), не имеющие подвижных частей. Несмотря на разнообразие форм и названий, все они основаны на кристаллах электрически перепрограммируемой флэш-памяти. В основе работы запоминающей ячейки этого типа лежит физический эффект «Фаули — Нордхайма», связанный с лавинной инжекцией зарядов в полевых транзисторах. Содержимое флэш-памяти программируется электрическим способом. Флэш-память читается и записывается байт за байтом. Современные типы флэш-памяти допускают до миллиона циклов перезаписи.

Физический принцип организации ячеек флэш-памяти можно считать одинаковым для всех выпускаемых устройств, как бы они ни назывались. Различаются такие устройства по форм-фактору (интерфейсу) и применяемому контроллеру, что обусловливает разницу в емкости, скорости передачи данных и энергопотреблении.

Формат карт флэш-памяти *Multimedia Card (MMC)* и *Secure Digital (SD)* постепенно сходит со сцены ввиду ограниченной емкости (до 64 Мбайт для *MMC* и 256 Мбайт для *SD)* и низкой скорости работы. Потока в 120 Кбайт/с, обеспечиваемого *MMC,* совершенно недостаточно для современной аппаратуры. Скорость *SD* значительно выше (до 920 Кбайт/с), однако формат плохо масштабируется по скорости.

Формат *SmartMedia* призван стать основным форматом для «умных» карт широкого применения (от банковских карточек и проездных в метро до удостоверений личности). Тонкие пластинки весом всего 2 грамма имеют открыто расположенные контакты, что не слишком удобно. Однако приличная для таких габаритов емкость (до 128 Мбайт) и скорость передачи данных (до 600 Кбайт/с) обусловили их проникновение в сферу цифровой фотографии и носимых MP3-устройств.

Memory Stick — «эксклюзивный» формат фирмы *Sony*. Широко применяется в аппаратуре этой торговой марки, но практически не используется другими компаниями. Помимо самой *Sony* к выпуску *Memory Stick* приступила фирма *SanDisk*. Максимальная емкость карточки равна 256 Мбайт, скорость передачи данных доходит до 410 Кбайт/с, что по нынешним меркам считается недостаточным.

Формат *CompactFlash (CF)* — на сегодняшний день самый распространенный, универсальный и к тому же имеющий перспективы развития формат твердотельных носителей. Форм-фактор *CF* совместим по сигналам с *PC Card Type II* и через адаптер 50/68 *(PCMCIA)* легко подключается к любому ноутбуку. Для настольных компьютеров существуют внешние и внутренние «картоводы» *(Card Reader) CF,* подключаемые к шинам *PCI, IDE, USB* или *IEEE1394.* Основная область применения *CF* — цифровая фотография. По емкости (до 3 Гбайт) сегодняшние CF-карты не уступают *IBM Microdrive,* однако отстают по скорости обмена данными (около 2 Мбайт/с). На некоторых карточках имеется обозначение максимальной скорости. Например, маркировка «24х» обещает скорость до 3,6 Мбайт/с (значение множителя «*x*» — 150 Кбайт/с). Но такие скорости возможны только на операциях чтения.

PC Card (PCMCIA ATA) — основной тип флэш-памяти для компактных компьютеров. В настоящее время существует четыре формата карточек *PC Card: Type I, Type II, Type III* и *CardBus,* различающиеся размерами, разъемами и рабочим напряжением. Для *PC Card* возможна обратная со-



Носители флэш-памяти различных форматов

вместимость по разъемам «сверху вниз». Важным преимуществом *PC Card* является поддержка интерфейса *ATA,* что гарантирует совместимость практически со всеми компьютерами и многими бытовыми цифровыми устройствами. Все карты оснащены шиной данных шириной 16 бит, а модификация *CardBus* — шириной 32 бит. Емкость *PC Card* достигает 4 Гбайт, а скорость — 20 Мбайт/с при обмене данными с жестким диском. Как правило, производители гарантируют работоспособность карточек в течение 500 000 часов и стойкость разъемов 10 000 подключений (5000 в полевых условиях).

Miniature Card (MC) — малогабаритная карточка флэш-памяти, предназначена в основном для карманных компьютеров, мобильных телефонов и цифровых фотокамер. На момент написания книги максимальная емкость составляла 128 Мбайт. В карточке применена память типа *Linear Flash,* для работы с которой на компьютере потребуется установка специальных драйверов.

xD Picture Card (eXtreme Digital) является сравнительно новым типом флэш-памяти, разработанным компанией *Toshiba* специально для цифровых фотоаппаратов. На сегодняшний день является одним из самым миниатюрных устройств флэш-памяти. Благодаря использованию технологии *NAND* не имеет ограничений на максимальный объем. Сейчас известны карточки *xD Picture Card* емкостью до 512 Мбайт, вскоре ожидается появление изделий емкостью до 8 Гбайт.

USB Flash Drive — представляет собой тот же *CompactFlash,* но в другом «флаконе». В данном случае «флаконом» выступает последовательный интерфейс *USB 1.1 с* пропускной способностью 12 Мбит/с или его современный вариант *USB 2.0* с пропускной способностью до 480 Мбит/с. Сам носитель заключен в обтекаемый компактный корпус, напоминающий автомобильный брелок. Основные параметры (емкость и скорость работы) *USB Flash Drive* полностью совпадают с *CompactFlash,* поскольку чипы самой памяти остались прежними.

USB Flash Drive может служить не только «переносчиком» файлов, но и работать как обычный накопитель — с него можно запускать приложения, воспроизводить музыку и сжатое видео, редактировать и создавать файлы. Значительно облегчается процедура синхронизации файлов между домашним и служебным компьютерами. Более того, *USB Flash Drive* можно использовать и как ключ доступа в систему. Отметим рекордно низкое среднее время доступа к данным на *Flash-диске* — менее 2,5 мс, что намного превосходит показатели лучших *SCSI-дисков.* Вероятно, накопители класса *USB Flash Drive,* особенно с интерфейсом *USB 2.0,* в перспективе смогут полностью заменить собой обычные дискеты и частично — перезаписываемые компакт-диски, носители *Iomega ZIP* и им подобные.

Большое число несовместимых по физическому интерфейсу твердотельных носителей и иных переносимых устройств памяти вызвало появление многоцелевых аппаратов сопряжения компьютеров с внешними носителями, обычно называемыми *CardReader/Writer*. Лучшие из них позволяют использовать до 5 типов флэш-памяти *(CF, MMC, SD, SM, MS)* и жесткий диск *IBM MicroDrive*. Применение таких устройств в домашнем компьютере вряд ли оправдано, поскольку большинство моделей цифровых фотокамер могут сопрягаться с компьютером с помощью интерфейса *USB*.

Аудиосистема

- Психоакустика
- Цифровая обработка звука
- Пространственное звучание
- Цифровое моделирование трехмерного звука
- Устройство звуковой карты
- Аппаратные средства обработки звука
- Звук для меломанов
- Акустические системы

В последние годы цифровые технологии буквально оккупировали сферу мультимедиа, в том числе воспроизведение и обработку звука. Большинство бытовых устройств использует цифровые технологии работы со звуком, а в компьютерной технике иного просто не предусмотрено. Тем не менее, исходный (записываемый) звуковой сигнал всегда является аналоговым, и точно так же аналоговым будет воспроизводимый звук. То есть цифра присутствует посередине и служит лишь инструментом для обработки звука.

Психоакустика

Поскольку звук представляет собой аналоговое явление, его адекватная обработка цифровыми методами представляет собой сложную проблему. Ее решение лежит в области психоакустики, — науки, изучающей особенности восприятия звука человеком. Уяснив, как человек ощущает звук, можно попытаться смоделировать такие ощущения с помощью цифровых сигналов.

Физика звуковой волны

Звук представляет собой волну, то есть явление изменения состояния среды, распространяющееся в ней и осуществляющее перенос энергии без переноса вещества. Звуковая волна — это передающиеся в пространстве

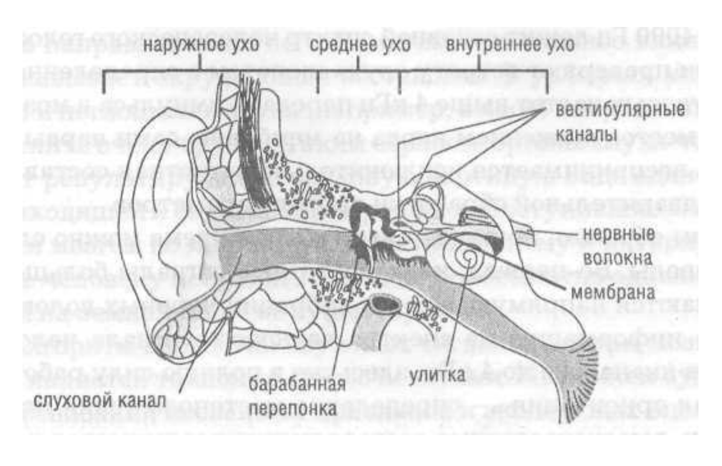
механические колебания молекул вещества. В результате какого-либо возмущения (например, колебания диффузора громкоговорителя) в прилегающей области возникает избыточное давление, толкающее соседние слои воздуха. Эти слои сжимаются и передают колебание дальше. Тело, создающее возмущение, называют источником звука.

Скорость распространения звука зависит от характеристик среды. В нормальных условиях скорость звука в воздухе составляет 330 м/с. Скорость распространения звука практически не зависит от частоты звуковой волны. Время, через которое слушатель начинает воспринимать звук, зависит от его удаленности от источника, а также характеристик среды распространения.

Звуковым волнам присущи разные явления, связанные с распространением колебаний в пространстве. Среди важнейших назовем интерференцию, рефракцию, поглощение, реверберацию, дифракцию, резонанс, эффект Доплера. Все перечисленные явления используются при цифровой обработке звука для воспроизведения окружающей звуковой обстановки.

Восприятие звука

В общих чертах восприятие звука человеком можно описать следующим образом. Звук представляет собой локальные изменения давления воздуха, происходящие с определенной частотой. Эти изменения воспринимаются органом слуха. Чем больше частота таких изменений, тем более высокий тон слышит человек. Известно, что колебания могут распространяться и в других средах: металле, воде и т. д. Но в конечном итоге, чтобы они воспринимались человеком, необходимо оказывать адекватное воздействие на орган слуха.



Устройство органов слуха человека

Орган слуха человека состоит из наружного (внешнего) уха, соединенного открытым слуховым каналом со средним ухом, где крепится барабанная перепонка, соединенная с косточками. Давление звуковой волны заставляет вибрировать барабанную перепонку, вибрация через косточки передается во внутреннее ухо, представляющее собой перепонку, соединенную с закрученной в спираль трубкой («улиткой»), наполненной жидкостью. Так как площадь барабанной перепонки в десятки раз больше, чем перепонки внутреннего уха, пропорционально возрастает давление, передаваемое на жидкость в улитке, что помогает адекватно воспроизводить колебания.

Вдоль внутреннего уха проходит мембрана сложной формы, имеющая переменную твердость по длине, соединенная с улиткой. К мембране по всей ее длине прикреплены окончания нервных волокон, отвечающих за передачу импульсов в мозг. Причем уже на этом этапе происходит предварительная обработка звукового сигнала. Во-первых, мембрана благодаря переменной жесткости реагирует на колебания различной частоты различными участками — жесткая внешняя часть отвечает на более высокие частоты, мягкая внутренняя часть — на более низкие. Причем именно к мягкой внутренней части присоединено большинство нервных волокон. Они способны сами вибрировать в такт низкой частоте (примерно до 450 Гц).

В среднем частотном диапазоне (примерно до 4000 Гц), происходит более сложный процесс. Здесь задействовано до десятка нервов, так как колеблется более длинный участок мембраны. В результате колебания нервов в среднем частотном диапазоне оказываются сдвинутыми по фазе, ибо они прикреплены в разных точках мембраны. Тем самым удается более точно определить не только частоту звукового сигнала, но и его форму, фазу, интенсивность нарастания (спада) и другие особенности. В диапазоне 450-4000 Гц лежит основной спектр человеческого голоса, и не случайно врачи проверяют остроту слуха шепотом с определенного расстояния. Для звуковых частот выше 4 кГц передача импульса в мозг определяется только местоположением нерва на мембране, сами нервы не вибрируют. То есть воспринимается исключительно частотная составляющая звука, без предварительной обработки других параметров.

Таким образом, применительно к нашей теме можно сделать следующие выводы. Во-первых, низкочастотные сигналы большей частью воспринимаются напрямую, за счет вибрации нервных волокон. Во-вторых, полную информацию из спектра звукового сигнала человек извлекает только в диапазоне до 4 кГц, здесь же в полную силу работает пространственная ориентация — определение местоположения источника звука. Наконец, высокочастотные составляющие различаются человеком лишь по частотам, пространственное разрешение в диапазоне свыше 4 кГц очень низкое.

Диапазон звуковых частот, слышимых людьми, в общем случае считается лежащим в границах 20-20 000 Гц. Колебания, имеющие очень низкую частоту, называют инфразвуком. Они не слышны, но организм человека на них реагирует болезненно, так как сверхнизкие частоты непосредственно воздействуют на слуховые нервы и другие органы. Колебания высокой частоты называют ультразвуком. Они также не слышны подавляющему большинству людей, хотя ультразвук слышат многие животные, например собаки.

Тот диапазон звуковых частот, который способен слышать конкретный человек, в очень большой степени зависит от его индивидуальных особенностей. Причем это не только физические особенности, но и психологические, и накопленный опыт распознавания звуков. Известно, что слепые (особенно от рождения) люди слышат гораздо лучше среднего человека. Очевидно, что способность к распознаванию звуков снижается с возрастом. Замечены довольно резкие спады после 25 лет и после 50 лет (обычно верхняя граница диапазона слышимых звуков сдвигается до 15-17 кГц). Однако это не относится к людям, которые профессионально занимаются звуком: музыкантам, композиторам, звукорежиссерам. Их опыт постоянного общения со звуком позволяет избежать такого спада.

Человек очень редко находится в таком окружении, чтобы был слышен единственный точечный источник звука. Обычно источники звука пространственные, их множество, расположены они на разном расстоянии, к тому же при отражении и поглощении звука окружающими предметами вносятся различные искажения в распространение звуковой волны. Происходит наложение звуковых колебаний друг на друга. Органы слуха человека стереофонические, то есть левое и правое ухо воспринимают звуковой сигнал независимо. Поэтому человек способен выделять нужный звуковой сигнал (в оговоренном нами выше частотном диапазоне) и определять направление на него. Заметим, что сильное влияние на ориентацию оказывает окружающая обстановка. В условиях многократного отражения и поглощения звука (например, в лесу) направление на источник определить очень трудно. Таким образом, органы слуха человека воспринимают результирующую звуковую картину в виде единой звуковой волны, приходящей к барабанной перепонке. Поступившие сигналы обрабатываются мозгом по индивидуальному алгоритму и интерпретируются в знакомые человеку понятия. То есть двух абсолютно одинаково слышащих людей на земном шаре не существует.

Каков алгоритм обработки звуковых сигналов внутри мозга человека, до сих пор является тайной за семью печатями. Мы можем судить об этом только на основании косвенных признаков и экспертных оценок — «нравится, не нравится». Наиболее далеко в этих исследованиях продвинулись немецкие ученые под руководством Карл-Хайнца Бранденбурга, создавшие метод так называемого «психоакустического сжатия», использован-

ный в формате записи звука *MPEG Audio Layer 3*. Однако этот метод лишь имитирует итоговый результат работы мозга при обработке звуковой информации, не воспроизводя алгоритм.

Особо следует остановиться на восприятии человеком различных параметров звука: громкости, частоты, пространственного положения источника, гармонических колебаний, — сильно влияющих на звуковую картину в целом. В акустике громкость звука измеряют в децибелах, то есть по логарифмической шкале, за точку отсчета (ноль) в которой принята минимальная громкость звука (на частоте 3000 Гц), еще различаемая человеком (величина звукового давления около 4мкПа). В области цифровой обработки звука используют обратную шкалу — за ноль принято максимально возможное значение, например громкости. Без болевых ощущений здоровым человеком различаются звуки громкостью до 120 дБ. При уровне около 150 дБ происходит повреждение органов слуха. Однако это общие величины, так как на разных частотах чувствительность по громкости сильно различается.

Наиболее высока чувствительность к звукам в диапазоне 1-4 кГц, что вытекает из особенностей строения органов слуха, рассмотренных нами выше. Уже для звука частотой 100 Гц порог слышимости составляет 40 дБ (то есть с амплитудой в 100 раз больше, чем на частоте 3000 Гц!). На частоте 10 кГц порог слышимости составляет около 20 дБ. Теперь нам ясно, почему сабвуферы делают в десятки и сотни раз более мощными, чем высокочастотные колонки. В среднем человек различает уровни громкости с шагом в 1 дБ, что не назовешь высоким разрешением. Однако в целом охватываемый диапазон очень большой — от 0 дБ до 120 дБ (то есть разница в миллион раз).

В области частотного спектра звукового сигнала складывается похожая картина. Лучше всего распознаются частотные отличия звука (имеется в виду чистый тональный сигнал) в диапазоне 1-4 кГц — в среднем с шагом около 0,3%. На более низких частотах шаг распознавания падает до 4%. Однако люди, обладающие музыкальным слухом, гораздо более чувствительны к частотному спектру. У профессионалов отмечен шаг разрешения по частоте около 0,1%.

Пространственное разрешение реализовано у людей двояким образом. Положение источника звука, излучающего на низких частотах (менее 1 кГц), определяется по интервалу времени между приходом звуковой волны в левое и правое ухо. Различимый интервал у тренированных людей составляет около полутора десятков микросекунд. Такой псевдофазовый сдвиг воспринимается как информация о местоположении источника и инстинктивно вызывает поворот головы в нужном направлении. Дополнительная, менее точная информация (в основном для частот свыше 1,5 кГц) извлекается из разной громкости звука, пришедшего в левое и правое ухо (напомним, что в этом случае шаг разрешения всего 1 дБ). При

этом информация о фазовом сдвиге расценивается как приоритетная. Сейчас установлено, что позиционирование источника звука осуществляется человеком примерно по одиннадцати параметрам, но не более трех из них имитируются современными технологиями объемного звучания.

Очевидно, что любые существующие технологии так называемого трехмерного звука не способны адекватно отразить звуковую картину реального мира. Причина очень проста: точное позиционирование источника звука осуществляется органами слуха во взаимодействии с другими органами. Например, инстинктивный или намеренный поворот головы, ее наклоны дают точность позиционирования с разрешением около одного градуса. У специально тренированных людей эта точность еще выше. Поэтому стрельба вслепую «на слух» — вовсе не вымысел режиссеров боевиков, а реальный навык, получаемый в результате долгих тренировок. Но и без всяких тренировок обычный человек в полной темноте легко определяет, например, положение движущегося автомобиля, особенно знакомой марки, опираясь на предшествующий опыт.

Дополнительную сложность в оценку звуковой картины вносят искажения, так как звуковые волны интенсивно взаимодействуют с окружающими предметами. Эффекты эха, реверберации, поглощения, задержек присущи реальной звуковой картине гораздо в большей мере, чем принято думать. Лишь в некоторой степени технологии трехмерного звука способны моделировать эти процессы.

Среди реальных звуков, окружающих человека в жизни, чистых тонов чрезвычайно мало. В основном звук состоит из гармоник, то есть звуковых волн, кратных по частоте основному тону. Алгоритм обработки звука в мозгу человека построен таким образом, что подавляющему большинству людей приятны именно гармонические колебания. Звуки, выпадающие из гармонического ряда, обычно вызывают неприязнь. Кстати, природные звуки редко выходят за пределы гармонического ряда. Видимо, человек отождествляет свое восприятие с природными явлениями, и негармонические колебания подсознательно вызывают чувство опасности благодаря их неестественному происхождению.

Очевидно, что вся музыкальная культура построена на использовании гармонических колебаний. В музыке интервал изменения основного тона нотного ряда в два раза получил обозначение октавы. То есть нота «до» второй октавы звучит на двукратной частоте ноты «до» первой октавы. Средний человек обычно различает диапазон в 10 октав. Причем последняя октава занимает частотную полосу от 10 кГц до 20 кГц. Предположим, что с возрастом человек перестает различать частоты более 15 кГц. Много ли он потеряет при прослушивании музыки? Оказывается, в самом худшем случае — около 10% информации, обычно же еще меньше, так как последние ноты последней октавы в чистом виде используют чрезвычайно редко.

За счет гармонических колебаний формируется полный частотный диапазон большинства музыкальных инструментов. Последняя нота последней октавы фортепиано звучит на частоте около 4 кГц, однако частотный диапазон инструмента значительно выше этой границы благодаря формированию гармоник. Инструменты, сработанные мастерами, потому и ценятся выше, что обеспечивают чистые, правильные гармоники в очень широком диапазоне.

Применительно к звуковым устройствам необходимо заметить, что физические процессы, происходящие во время обработки звука, даже цифровыми способами, неизбежно вносят гармонические искажения в исходный сигнал. Такие искажения стараются минимизировать всеми способами, зачастую выхолащивая нужные гармоники, придающие звуку полноту. Существует и обратная задача — в аналоговой (построенной на электронных лампах) аппаратуре высшего класса особенности преобразования сигнала в ламповых каскадах привносят дополнительные, очень чистые гармоники, что придает звуку насыщенность и теплоту.

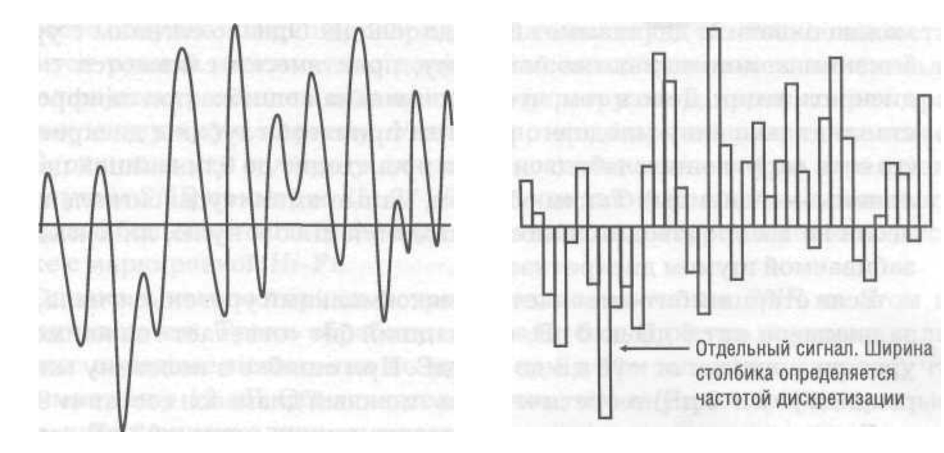
Подчеркнем, что звук на компьютере обрабатывается цифровыми методами, поэтому применяемая аппаратура принципиально отличается от некоторых профессиональных и бытовых звуковых устройств высшего класса, где вся обработка выполняется аналоговыми методами. В общем случае записать и максимально точно воспроизвести звук на аналоговых устройствах можно гораздо более простыми способами, чем на цифровых. Однако обработать исходный звук различными методами и обеспечить практически стопроцентную повторяемость на любой копии записи можно только на цифровых устройствах. Хотя звук по своей природе всегда является аналоговый величиной. В конечном итоге, самая сложная цифровая обработка звука сводится к воспроизведению аналоговых сигналов.

Цифровая обработка звука

Метод натуральной цифровой записи звука называется *PCM (Pulse Code Modulation* — импульсно-кодовая модуляция). Он заключается в том, что в ходе записи в течение каждой секунды многократно регистрируется текущая амплитуда звуковой волны. Некоторое значение амплитуды принимается как максимально возможное в данной звукозаписи. В соответствии с выделенным для оцифровки единичным элементом данных максимальному значению присваивается самое большое целое число.

Далее текущее значение амплитуды масштабируется относительно максимального и округляется до ближайшего целого числа. В результате получается единичный снимок (кадр) звуковой волны. Цифровая звукозапись представляет собой последовательность таких кадров.

Частоту, с которой делают снимки, называют частотой дискретизации, или частотой квантования, или частотой оцифровки. Очевидно, что чем



Оцифровкааналоговогозвуковогосигнала

выше частота дискретизации, тем более точно цифровая запись будет соответствовать аналоговому образцу. По правилу Котельникова (за рубежом известно как правило Найквиста), частота дискретизации должна не менее чем вдвое превышать максимальную частоту записываемого звука.

Сильно влияет на точность записи и величина единичного массива данных (иногда называемая глубиной оцифровки или разрядностью представления), определяющая число различимых уровней записываемого звукового сигнала. От разрядности зависит отношение максимально воспроизводимой громкости звука по отношению к громкости шумового фона. Слуховая система человека способна различать звуки в диапазоне до 120 дБ. При 8-битной записи диапазон составит 48 дБ (всего 255 значений). При 16-битной записи диапазон составит 96 дБ.

На практике запись хорошего качества получается при частоте дискретизации 44100 Гц и глубине оцифровки 16 бит. Именно такие параметры приняты для записи музыки на лазерных дисках, называемых компакт-дисками *{CD).*

Оцифровка аналогового сигнала производится цифро-аналоговыми преобразователями (ЦАП). Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) выполняют обратную задачу. Часто оба устройства объединены в одном блоке, называемомкодеком(кодировщик-декодировщик).

Цифровые преобразования вносят специфические искажения в аналоговый сигнал. Из-за того что в цифровом представлении доступен только ряд целых дискретных значений сигнала, появляется практически непрерывный паразитный сигнал, называемый шумом дискретизации. Глубина дискретизации имеет собственные ограничения. Кроме того, частота и глубина дискретизации оказывают взаимовлияние друг на друга.

Повышение разрядности позволяет расширить динамический диапазон звукового устройства. При разрядности 16 бит теоретически воз-

можно охватить диапазон от 0 дБ до -96 дБ. Однако сигналы с уровнем, близким к минимально возможному, практически сливаются с шумом дискретизации. Дело в том, что максимальная ошибка при оцифровке составляет половину младшего разряда принятой глубины дискретизации (то есть округление слабого сигнала происходит до ближайшей целой величины — единицы). Таким образом, малые амплитуды сигнала практически не воспроизводятся, ибо приводятся либо к нулю, либо к единице, забиваемой шумом дискретизации.

Если старший бит «отвечает» за максимальный уровень сигнала, то есть за диапазон от —6 дБ до 0 дБ, то младший бит «отвечает» за наименьший уровень сигнала: от -96 дБ до -90 дБ. При ошибке в половину младшего разряда (6:2 = 3 дБ) теоретически возможный диапазон составит 93 дБ.

Соотношение сигнал/шум при уровне шумов ниже -93 дБ также составит не менее 93 дБ. Обычно близкие к этому значению величины указывают производители звуковых плат для компьютеров. На практике дело обстоит далеко не так радужно.

Уровень шумов дискретизации очень сильно зависит от формы и спектра оцифровываемого аналогового сигнала. Для учета этого фактора в формуле вычисления соотношения сигнал/шум *(Signal/Noise Ratio — SNR)* имеется специальный коэффициент *C*, принимающий значения от -15 дБ до+2 дБ.

$SNR = Vsignal/Vnoise = 6{,}02 \times N + C$ [дБ];

где N — разрядность оцифровки.

В синусоидальном сигнале величина С приблизительно равна 1,7 дБ. Как вы думаете, какой коэффициент используют производители, когда при наличии 16-битного кодека объявляют *SNR* на своих картах 98 дБ? Конечно, двойку! На реальных звуках (музыка и речь) коэффициент С скорее близок к нижнему пределу, поэтому от 98 дБ смело отнимаем 15 дБ и далее исследуем цифру 83 дБ.

В общем, выглядит она достаточно привлекательно, так как человек обычно не слушает музыку через наушники в безвоздушном пространстве, а потому всегда присутствуют посторонние шумы, «отъедающие» от теоретического диапазона слышимости 120 дБ не менее 30—50 дБ. Поэтому реально воспринимаемый диапазон составляет 70-90 дБ, причем вторая цифра характерна для уединенного прослушивания в закрытом помещении.

К сожалению, в устройствах бытового класса реальное сужение диапазона на цифре 83 дБ не заканчивается. Дело в том, что при оцифровке аналогового сигнала в случае превышения максимального порогового значения в лучшем случае (в хороших кодеках) происходит ограничение «по насыщению». То есть все значения амплитуды выше определенного порога приводятся к максимально допустимой устройством величине. Но так происходит не всегда. В некоторых случаях кодек не выравнивает сигнал,

а просто обнуляет старший разряд. Тогда амплитуда сигнала помехи становится равной максимально допустимой амплитуде полезного сигнала. В целом спектр сигнала искажений по перегрузке напрочь ломает правильную звуковую картину. Учитывая, что старший разряд занимает 6 дБ, отнимем эту величину для компенсации искажений по перегрузке и получим *SNR* примерно 75-77 дБ. Именно таким реальным диапазоном обладает большая часть цифровой звуковой аппаратуры бытового класса, даже с маркировкой *Hi-Fi.*

Однако в компьютерных устройствах злоключения *SNR* на этом не заканчиваются. Тракт обработки сигнала большинства звуковых плат вносит шумовые искажения не менее чем в три младших разряда, что отнимает еще 12 дБ. Объясняется это тем, что внутри корпуса компьютера циркулирует слишком много паразитных электрических сигналов, которые чрезвычайно трудно компенсировать аналоговыми цепями и фильтрами. В итоге на выходе звуковой карты мы получаем *SNR* не лучше 60—65 дБ. Причем эта величина характерна для достаточно дорогих устройств. Более дешевые изделия обеспечивают *SNR* порядка 55-58 дБ.

Смертельно ли такое сужение диапазона с точки зрения обычного пользователя, который желает не сочинять, а слушать звук? Думаем, что вовсе нет. Во-первых, вряд ли кто способен разобрать мгновенный переход от уровня хотя бы -6 дБ к -90 дБ — заметная часть записи не будет услышана, так как слуховые органы обладают некоторой инерционностью и им нужно время для адаптации к резко изменившемуся уровню громкости. То же самое, но в еще большей степени справедливо и для обратного случая — оглушения громким звуком после тихого.

Во-вторых, сам компьютер во время работы производит достаточно много звуковых шумов. Качественный вентилятор блока питания шумит на уровне 35-40 дБ, а обычный — до 60 дБ. Жесткий диск, а тем более *CD-ROM,* издают звуки с пиковой амплитудой до 70 дБ. Для меломанов заметим, что цифровая аппаратура стоимостью 200-400 долларов лучшего качества, чем звуковая карта ценой около сотни, вам не обеспечит.

Для того чтобы понять всю глубину различий между звуком, извлекаемым из записи даже самой лучшей аппаратурой, и реальной звуковой картиной, советуем хотя бы раз в жизни сходить в консерваторию, в хороший концертный зал (только на классику!), в церковь, чтобы послушать качественный живой звук. У многих после этого пропадает желание тратить тысячи долларов на *Hi-End.* К сожалению, наш слух испорчен музыкой категории «масс-культура», поэтому о верном восприятии динамического диапазона хотя бы в 90 дБ и частотного хотя бы до 18 кГц говорить не приходится — большинство не услышит всех нюансов, так как опыт восприятия качественного звука отсутствует. Слух воспитывается и тренируется так же, как и другие человеческие навыки. Поэтому пожилой завсегдатай консерватории будет гораздо более компетентным экспертом

в области качества звучания, чем молодой менеджер салона *Hi-End* аппаратуры, слушающий только записи.

Существует достаточно простой способ существенно повысить реальный динамический диапазон, воспринимаемый органом слуха, — использовать качественные наушники, подключенные к внешнему усилителю, соединенному со звуковой картой цифровым интерфейсом. Тогда все посторонние фоновые шумы, достигающие, как мы говорили, уровня 50 дБ, будут практически изъяты из звуковой картины. Слушатель получит все, что может выдать звуковая карта, в полном объеме. Однако заметим, что качественные наушники, способные не испортить впечатление, стоят около сотни долларов, то есть практически столько же, сколько приличная звуковая карта плюс стоимость приличного цифрового усилителя не менее 300 единиц. Таким образом, цена качественного комплекта для прослушивания музыки на компьютере составляет не менее пятисот единиц.

Более затратный метод улучшения качества звука — использование внешних систем обработки звука (ресиверы, ЦАП, усилители высшей категории) и качественных колонок. В этом случае цифровой поток, минуя схемы обработки звуковой карты, по специальному каналу поступает в ресивер (усилитель) и обрабатывается там. Для того чтобы реально ощутить разницу в качестве обработки между звуковой картой и ресивером (усилителем), последний должен относиться к ценовой категории 500 долларов и выше.

Практически полную картину возможностей звуковой карты можно получить при исследовании ее амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) — графика зависимости коэффициента усиления от частоты сигнала. Обычно различают АЧХ «на запись» и «на воспроизведение». Нас интересует главным образом АЧХ тракта воспроизведения. В идеале АЧХ звуковой карты должна выглядеть как прямая линия, параллельная оси абсцисс, в диапазоне от 20 до 20 000 Гц. На практике такого не бывает. Звуковая карта с реальным *SNR* около 60 дБ обычно отлично воспроизводит частоты до 10 кГц, приемлемо работает в диапазоне 10-15 кГц и кое-как — в области более высоких частот. Однако кто скажет, что этого недостаточно для игр и прослушивания музыки в бытовых условиях?

Пространственное звучание

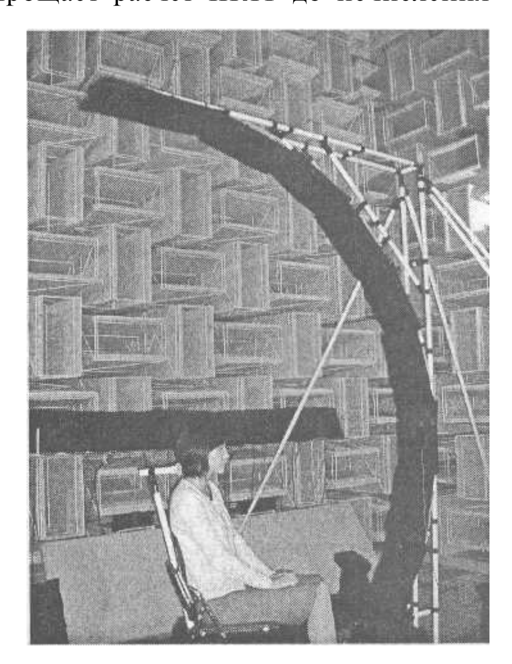
Для имитации позиционирования источников звука в виртуальном трехмерном пространстве используют алгоритм *HRTF (Head Related Transfer Function)*. Так назвали процесс, благодаря которому человек определяет местоположение источника звука. Дело в том, что голова и туловище являются определенным препятствием, влияющим на распространение звуковых волн. Например, ухо, закрытое головой от источника звука,

принимает несколько измененные звуковые волны. Характер изменений анализируется мозгом и интерпретируется соответствующим образом для правильного определения местоположения источника звука.

В конечном счете звук, улавливаемый органом слуха, создает давление на барабанную перепонку. Для более-менее точного определения звукового давления необходимо установить параметры сигнала, поступающего на барабанную перепонку, то есть силу, с которой звуковая волна от источника звука воздействует на нее. Эту зависимость называют *Head Related Impulse Response (HRIR),* а ее интегральное преобразование по Фурье как раз и является функцией *HRTF.*

Мы не будем приводить здесь утомительные математические построения, а попробуем объяснить физический смысл. В оригинале *HRTF* представляет собой достаточно сложную функцию с четырьмя переменными: три пространственных координаты (азимут на источник звука, его удаление, высота над плоскостью приемника) и частота звуковой волны. Обычно используют сферические координаты, причем источники звука, находящиеся на расстоянии более одного метра от приемника, для простоты считаются расположенными в едином дальнем поле *(far field).*

Значение *HRTF* уменьшается обратно пропорционально расстоянию. Так как большинство измерений *HRTF* производится именно в дальнем поле, это существенным образом упрощает расчет *HRTF* до исчисления функции азимута, высоты и частоты. При записи звука используют полученные значения измерений, и при воспроизведении звук позиционируется в пространстве почти так же, как и при естественном прослушивании. Технология *HRTF* уже несколько десятков лет применяется для обеспечения высокого качества стереофонических записей. Естественно, что наилучшие результаты получаются при прослушивании через наушники, так как все расчеты велись относительно органов слуха.



Измерение параметров HRTF в акустической лаборатории

При использовании акустических колонок применяют технологию *cross-talk-cancelled stereo* или *transaural stereo,* чаще называемую алгоритмом *crosstalk cancellation (CC).* Грубо говоря, для колонок производится вычитание значений зву-

нового давления, рассчитанного для левого и правого уха, с учетом пространственного размещения фантомного источника звука вне колонок. При грамотном использовании алгоритмов *CC* получаются весьма хорошие результаты, обеспечивающие воспроизведение звука, источники которого разнесены в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Очевидно, что для создания убедительного трехмерного звучания достаточно двух звуковых каналов. Главное — точно воссоздать звуковое давление на барабанные перепонки, соответствующее реальной звуковой среде. Записи, сделанные с использованием *HRTF,* называются *binaural recordings,* и они действительно обеспечивают высококачественный трехмерный звук. Слушать такие записи надо в наушниках, причем желательно высшего класса. Компакт-диски с такими записями стоят существенно дороже обычных музыкальных *CD.*

Чтобы корректно воспроизводить записи с *HRTF*-функцией через колонки, необходимо дополнительно использовать алгоритм *CC.* Но главный недостаток подобного метода — в отсутствии интерактивности. Без дополнительных механизмов, отслеживающих положение головы пользователя, обеспечить интерактивность при использовании *HRTF* нельзя. Тем не менее, функции *HRTF* сейчас являются основой практически всех фирменных технологий трехмерного звука.

Цифровое моделирование трехмерного звука

DirectSound3D

В мире игр эта технология воспроизведения трехмерного звука является ключевой, так как она обеспечивает интеграцию с операционной системой *Windows.* Ядром *DirectSound3D* является механизм позиционирования источников звука, а также встроенные технологии обработки акустической информации в соответствии с параметрами окружения. То есть *DirectSound3D* в первую очередь отвечает за позиционирование источника звука, а остальным могут заниматься и внешние программы.

Технология непрерывно развивается, в нее включаются элементы *EAX, Sensaura, A3D* и пр. Для разработчиков *API DirectSound3D* выгоден тем, что позволяет не задумываться над тонкостями других алгоритмов, а напрямую использовать стандартные функции.

Environmental Audio Extension (EAX)

Технология *Environmental Audio* (дословно — окружающий звук) разработана фирмой *Creative Labs* и предназначена для моделирования окру-

жающей среды с помощью различных эффектов с учетом размеров комнаты, ее звуковых особенностей, реверберации, эха и других особенностей звуковогоокружения.

Эффекты окружающей среды моделируются при помощи технологии *E-mu Environmental Modeling,* учитывающей особенности воспроизведения пространственного звучания на наушниках или аудиоколонках. Механизм *Environmental Audio* рассчитывает пространственные координаты источника X, Y, Z, а также реверберацию и отражения звука. Пространственные координаты используются при базовой подготовке каналов аудиоисточника и эффектов окраски звуковой сцены.

В качестве программного интерфейса используется *API Environmental Audio Extensions (EAX),* являющееся расширением *API Directsound3D.* Для обработки команд *EAX* компанией *Creative Labs* созданы звуковые процессоры семейства *EMU.* Программными средствами эмулируются реверберации и отражения, призванные создать впечатление, что вокруг слушателя существует реальный мир со своими параметрами. Программисты могут задавать различные акустические эффекты для разных помещений. Версия ЕАХ *1.0* позволяет изменять параметры различных источников звука. При изменении местоположения источника звука относительно слушателя автоматически изменяются параметры реверберации.

В основе *EAX* лежат эффекты *Occlusions* и *Obstructions.* Эффект *Occlusions* создает впечатление, что источник звука находится в другой комнате, за стеной. Это свойство позволяет изменять параметры передачи звука для имитации прохождения через различные материалы стен в зависимости от их толщины. Например, программа может использовать это свойство для создания звука, идущего из-за двери или из-за стены. Эффект *Obstructions* позволяет эмулировать звуковые препятствия, создавая ощущение, что источник звука находится в той же комнате, но за препятствием.

Геометрическая модель сцены используется для создания пространственного звучания. Для этого в геометрической модели описываются физические свойства объектов: какие из них звуконепроницаемые, какие звукопоглощающие и так далее. После этого производится расчет некоторого количества слышимых отражений и поглощений звука для каждого источника звука. Расчеты отражений по зеркальному методу широко используются для имитации акустики зданий. Этот метод подразумевает, что звук отражается прямо, без преломлений и поглощений. При этом берутся заранее рассчитанные упрощенные модели аудио сред, которые отличаются от графических представлений о среде. То есть в игре используются одновременно отдельная геометрическая модель для визуальных эффектов и более простая для звуковых эффектов.

Технология ЕАХ постепенно развивалась, и в настоящее время существуют три версии, обеспечивающие разные возможности имитации

пространственного звучания. Версия *EAX 1.0* строит звуковую сцену на основе заранее созданных моделей (пресетов), учитывающих дистанцию между источниками звука и слушателем. Также имеется возможность изменять параметры реверберации и автоматически регулировать уровень звука в зависимости от расстояния. Версия *EAX 2.0* получила обновленную модель реверберации, эффекты звуковых преград *(Obstructions)* и поглощений *(Occlusions),* отдельный модуль управления начальными отражениями и вторичной реверберацией, улучшенную модель расчета дистанции, возможность учитывать свойства воздуха. Версия *EAX 3.0* отличается механизмом контроля за первичными реверберациями и отражениями для каждого источника звука, позволяет осуществлять динамический переход между окружающими моделями, использует механизм отражения лучей *(Ray-Tracing)* для получения параметров отражения звука и динамическое определение дистанции, призванное заменить статические реверберационные модели. В технологии *EAX 3.0* высокий уровень реализма достигается за счет поддержки местных отражений, изолированных отражений, продолжительных переходов между звуковыми сценами и других эффектов.

Aureal A3D

Программный интерфейс *A3D* является расширением *API DirectSound3D* и потому сейчас поддержан во множестве программных продуктов, в первую очередь в играх. В основу *A3D* положен алгоритм геометрического моделирования *WaveTracing,* то есть расчет прохождения звуковых волн (трассировка) с учетом свойств окружающей среды. Таким образом, метод *A3D* является полностью динамическим.

На пути от источника к слушателю рассчитываются параметры отражения, задержки, поглощения звука. В качестве источника информации об окружающей среде используются данные геометрического движка о положении полигонов и применяемых для них текстурах. В связи с тем, что просчет в реальном времени прохождения звуковых волн очень трудоемок, необходимо либо использовать «заточенный» под *A3D DSP,* либо мощный центральный процессор. В противном случае при программной обработке *A3D* вместо реальной трассировки используют эффекты реверберации.

Признано, что метод *A3D* превосходит *EAX* по реалистичности создаваемой акустической среды, особенно на открытых пространствах и в области позиционирования источников звука по вертикали. Ключевое место здесь занимает геометрический движок. В отличие от менеджера сцены, геометрический движок оперирует с данными на уровне геометрических примитивов: линий и треугольников. Геометрия может быть определена в двумерном или трехмерном пространстве, соответственно, в случае *3D*-

геометрии вычисления будут более интенсивными. Геометрический движок задействуется приложением через менеджер сцены или напрямую. В последнем случае приложение содержит базу данных акустической геометрии и передает только необходимые в данный момент «акустические полигоны» в геометрический движок. Геометрический движок использует полученные «акустические полигоны» для построения системы координат, определяющей взаимное расположение слушателя и источников звука. Акустический полигон *(audio polygon)* обладает свойствами местоположения, размера, формы, а также типа материала. Форма полигона и его местоположение в пространстве связаны с источниками звука и слушателем. Они влияют на определение параметров прохождения (отражения) отдельных звуков. Свойства материала влияют на степень поглощения и отражения звуковых волн.

Очень важно иметь оптимальную по размерам базу данных акустических полигонов. По утверждениям разработчиков, в сценах необходимо задействовать около 50 звуковых полигонов. Этого количества достаточно для описания сложной акустической среды и обсчета важнейших параметров взаимодействия звука с препятствиями. То есть звуковые полигоны должны быть точно так же определены в сцене, как и их эквиваленты в графике.

Sensaura 3D Positional Audio

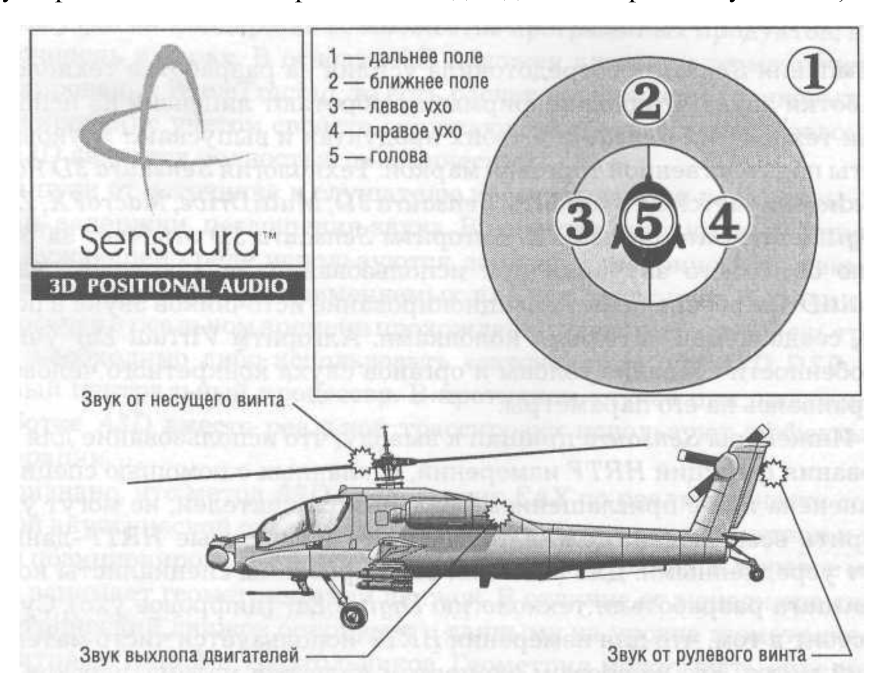
Компания *Sensaura* сосредоточила усилия на разработке технологий обработки звука. Сторонние фирмы приобретают лицензии на использовании технологий *Sensaura* в своих продуктах и выпускают звуковые чипсеты под собственной торговой маркой. Технология *Sensaura 3D Positional Audio* опирается на элементы *Sensaura 3D, MultiDrive, MacroFX, ZoomFX, Digital Ear, EnvironmentFX.* Алгоритм *Sensaura 3D* отвечает за реализацию объемного звучания при использовании двух колонок. Алгоритм *MultiDrive* обеспечивает позиционирование источников звука в полусфере, создаваемой четырьмя колонками. Алгоритм *Virtual Ear* учитывает особенности строения головы и органов слуха конкретного человека, настраиваясь на его параметры.

Инженеры *Sensaura* пришли к выводу, что использование для формирования функций *HRTF* измерений, сделанных с помощью специального манекена или с приглашением реальных слушателей, не могут удовлетворить всех людей. Дело в том, что все полученные *HRTF*-данные будут усредненными. Для решения этой проблемы специалисты компании *Sensaura* разработали технологию *Digital Ear* (цифровое ухо). Суть идеи состоит в том, что для измерения *HRTF* используется чисто математический метод. Его ключевым элементом является математическая модель человеческого уха с изменяемыми параметрами.

В основу математической модели положена концепция независимого изменения резонансных и дифракционных эффектов, являющихся неотъемлемой частью любой *HRTF*-функции. После массированных исследований была создана модель уха из специального пластика, на нем были проведены измерения и отлажена математическая модель. Потом были получены базовые результаты измерения *HRTF,* на основе которых в дальнейшем с помощью специальных методов масштабирования стала формироваться библиотека *HRTF.* Использование математической модели гарантирует от ошибок, которые возможны при физическом измерении *HRTF* с помощью манекена или реальных слушателей. *Digital Ear* можно настроить на огромное количество вариаций форм и размеров ушей реальных людей. В итоге получилась обширная библиотека с возможностью выбрать *HRTF*-функцию, наилучшим образом соответствующую особенностям конкретного слушателя.

Алгоритм *EnvironmentFX* моделирует особенности акустической среды (например, помещения или подводного мира) за счет учета до 26 взаимосвязанных параметров. Но наиболее интересными являются две ключевые технологии — *MacroFX* и *ZoomFX.*

MacroFX. Большинство измерений *HRTF* проводятся в так называемом дальнем поле *(far field),* о чем говорилось выше. Однако если источники звука располагаются на расстоянии до одного метра от слушателя, то есть



Технологии пространственного позиционирования звука фирмы Sensuara

в ближнем поле *(nearfield),* тогда функции *HRTF* в нынешнем виде не применимы. Для имитации звука от источников в ближнем поле с помощью *HRTF*-функций создана технология *MacroFX.* Алгоритмы *MacroFX* обеспечивают воссоздание ощущения, что источник звука расположен близко к слушателю, вплоть до шепота в ухо. Достигается такой эффект за счет очень точного моделирования распространения звуковой энергии в трехмерном пространстве вокруг головы из всех позиций в пространстве и преобразование этих данных с помощью высокоэффективного алгоритма.

Особое внимание уделено управлению громкостью и модифицированной системе расчета задержек по времени при восприятии человеком звуковых волн от одного источника звука *(ITD, Interaural Time Delay).* В технологии *MacroFX* предусматривается наличие шести зон, где зона 0 (дистанция удаления) и зона 1 (удаленное поле) являются функциями, а пространственные зоны образуют ближнее поле.

Алгоритм *MacroFX* встроен в технологию трехмерного звука фирмы *Sensaura* и управляется *API Directsound3D,* то есть является прозрачным для разработчиков приложений.

Например, в играх от первого лица уже воспроизводится звук пуль, пролетающих буквально мимо уха. Но самое замечательное в том, что если звуковая карта поддерживает технологию *Sensaura* и установлены драйверы, поддерживающие *MacroFX,* то все эффекты будут работать даже в уже существующих играх (разумеется, работающих с *DirectSound3D).* В новых же играх можно добиться просто потрясающих эффектов.

ZoomFX. В существующих системах SD-звука источники звука являются точечными. В реальной жизни точечных источников мало. Пространственные же источники звука встречаются на каждом шагу: река, автомобили, животные и многое другое. Например, в звуках близко проходящего поезда отчетливо различаются стук колес, скрип рессор, грохот сцепки и т. д.

В технологии *DS3D* поезд всегда представляется как точечный источник звука (то есть, очень далекий), а значит, страдает реализм. Технология *ZoomFX* решает эту проблему за счет представления пространственных объектов как объединения точечных источников звука.

По технологии *ZoomFX* разрабатывается расширение библиотеки *DirectSound3D,* с помощью которого разработчики игр смогут воспроизводить пространственные источники звука.

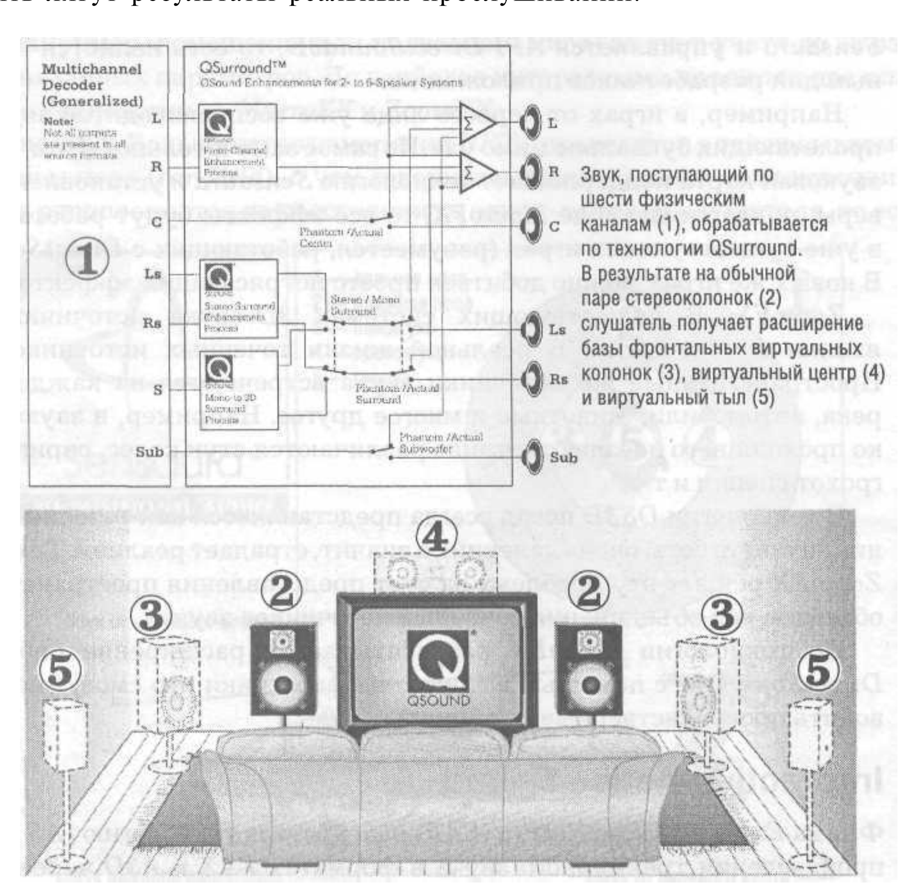
Interactive Active Sound

Фирма *Extreme Audio Reality (EAR)* разработала технологию *IAS* для воспроизведения трехмерного звука в форматах *EAX* и *A3D* через четыре и более колонок, в том числе в соответствии со стандартом *Dolby Digital.* Технология является независимой от аппаратной части и прозрачна для

API DirectSound3D и *DirectMusic*. Единый интерфейс обеспечивает воспроизведение трехмерного звука на любой системе — от двух до шести колонки, на любой звуковой карте. Тем самым для пользователя отпадает необходимость модернизации или замены звуковой карты, не поддерживающей *EAX* или *A3D*.

QSound Environmental Modeling

Компания *QSound* ведет работы по созданию новой технологии воспроизведения трехмерного звука через две и более колонок. Известно, что фирма на основе обсчета данных более 50 000 человек создала модель восприятия звука и на ее основе применяет собственные методики реализации трехмерного звука. Зная пристрастия компании *QSound* к грандиозным экспериментам, можно быть уверенным, что в основу новой технологии опять лягут результаты реальных прослушиваний.



Технология пространственного позиционирования звука фирмы QSound

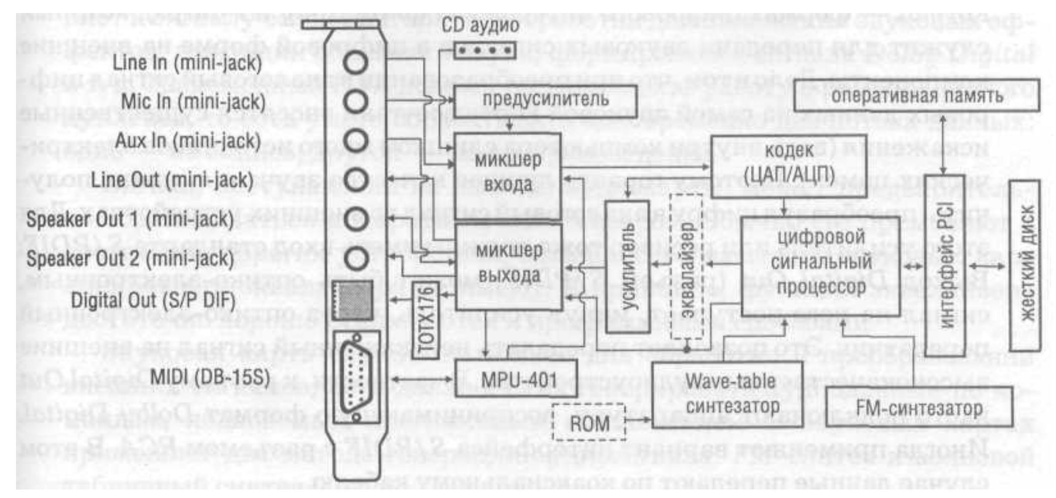
Компания *QSound* занимается исключительно технологиями, продавая их фирмам, которые воплощают идеи «в кремнии». Так, чипсет обработки звука *Thunderbirdl28* фирмы *VLSI* воплощает в себе все последние достижения специалистов *QSound* в области трехмерного звука. Стоит упомянуть, что технология *QSound Environmental Modeling* совместима с *EAX* фирмы *Creative.* Отметим также, что *QSound* славится очень эффективными алгоритмами и грамотным распределением доступных ресурсов. Не случайно именно их менеджер ресурсов был лицензирован *Microsoft* для *API DirectSound3D.*

Устройство звуковой карты

Рассмотрим принципиальную схему современной компьютерной карты для обработки звука с интерфейсом *PCI.* На задней панели расположены внешние разъемы входа-выхода. Внешний сигнал может поступать на входы *Line In, Mic In, Aux In, MIDI.* На самой звуковой карте расположен четырехконтактный разъем для подключения аудиовыхода *CD-ROM.*

Разъем *Line In* (линейный вход) типа «мини-джек» предназначен для подключения внешних источников звука: тюнеров, DVD/CD-плейеров и других устройств. Чувствительность линейного входа обычно составляет 0,1-0,3 В. Сигнал с линейного входа полностью проходит звуковой тракт.

Отдельный разъем *Mic In* (микрофонный вход) типа «мини-джек» используют только для подключения микрофонов, он обладает чувствительностью 3-10 мВ. Сигнал, поступающий с микрофона, обрабатывается предусилителем, повышающим его уровень до нормального. Далее путь сигнала проходит через звуковой тракт.



Принципиальная схема звуковой карты

Разъем *Aux In* (микшерный вход), обычно типа «мини-джек», используют для подключения внешнего источника сигнала, который необходимо смешать с сигналом внутреннего источника. Для этого сигнал с разъема *Aux In* поступает на выходной микшер звуковой карты, минуя основной звуковой тракт.

К порту *MIDI (Musical Instrument Device Interface)* подключают джойстик или электронные музыкальные инструменты (клавиатуры *MIDI,* синтезаторы, электрогитары и пр.). Порт *MIDI* двунаправленный, разъем подключен к микросхеме *UART* MPU-401 по интерфейсу типа «токовая петля», с питанием от передатчика и гальванической развязкой цепей приемника.

Внутренний разъем *Audio CD* используют для подключения выхода аудиоканала *CD-ROM.* При этом сигнал, считанный с компакт-диска, минует усилитель *CD-ROM* и поступает в звуковой тракт карты напрямую.

Выходы звуковой карты обычно именуются *Line Out, Speaker Out, Digital Out,* все они подключены через выходной микшер, занимающийся распределением и, при необходимости, смешением сигналов. К выходу *Line Out* (разъем типа «мини-джек») подключают внешние усилители и другие аудиоустройства. На выходе *Line Out* амплитуда сигнала обычно составляет 0,1-0,3 В. В качественных аудиокартах иногда применяют отдельный выход для наушников.

На выход *Speaker Out* (разъем типа «мини-джек») поступает усиленный стереофонический сигнал. На некоторых звуковых картах применяют два разъема *Speaker Out,* один для подключения фронтальных колонок, другой — для тыловых.

На звуковых картах последнего поколения стало правилом хорошего тона устанавливать разъем *S/PDIF (Sony/Philips Digital Interface Format—* формат цифрового интерфейса фирм *Sony* и *Philips),* который служит для передачи звуковых сигналов в цифровой форме на внешние компоненты. Дело в том, что при преобразовании в аналоговый сигнал цифровых данных на самой звуковой карте все-таки вносятся существенные искажения (ведь внутри компьютера слишком много источников электрических помех). Поэтому гораздо лучшее качество звучания можно получить, преобразуя цифру в аналоговый сигнал во внешних устройствах. Для этого усилитель или ресивер тоже должны иметь вход стандарта *S/PDIF.* Выход *Digital Out* (разъем *S/PDIF)* может быть оптико-электронным, сигнал на него поступает, минуя усилитель, через оптико-электронный передатчик. Это позволяет передавать неискаженный сигнал на внешние высококачественные аудиоустройства. В частности, к разъему *Digital Out* часто подключают аппаратуру, воспринимающую формат *Dolby Digital.* Иногда применяют вариант интерфейса *S/PDIF* с разъемом *RCA.* В этом случае данные передают по коаксиальному кабелю.

Микшеры входа-выхода обычно физически представляют собой единое устройство, осуществляющее коммутацию, нормализацию и смешение сигналов. Нормализация необходима для приведения сигналов к одному уровню по амплитуде и устранения искажений перегрузки. Управление параметрами коммутации и микширования осуществляется программными средствами. Для этого в операционной системе *Windows 9x* имеется стандартная программа Регулятор громкости. Качественные звуковые карты обычно снабжаются собственной программой микширования.

Сигналы в микшер выхода могут поступать через усилитель (например, на выходы *Speaker Out)* или минуя его. Усилитель звуковой карты в силу понятных ограничений обеспечивает выходную мощность не более 4 Вт на канал и не относится к классу качественных устройств. Поэтому предпочтительнее использовать внешние усилители.

Кодек, включающий аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи, выполняет одну из основных функций звуковой карты — оцифровывает звук и превращает цифру в аналоговый сигнал. Все сигналы, проходящие через звуковой тракт, проходят обработку в кодеке. Но есть одно исключение — на выход *Digital Out* сигналы поступают, минуя кодек. От качества кодека во многом зависит качество звуковой карты в целом. Сейчас практически везде используют кодеки, в которых оцифровка (и восстановление) аналогового сигнала происходит методом адаптивной импульсно-кодовой дельта-сигма-модуляции. С целью сжатия информации в звуковом файле хранят особым образом обработанные разности величин соседних выборок, полученных при дискретизации сигнала.

Центром управления звуковой карты является цифровой сигнальный процессор *(DSP),* отвечающий за интерфейс с шиной *PCI.* Кроме того, *DSP* управляет обменом данных с другими блоками аудиокарты, применяет к сигналу особые алгоритмы обработки для наложения звуковых эффектов, имитации объемного звука, формирования сигнала *Dolby Digital* и т. д. Современный *DSP* должен поддерживать работу в режиме полного дуплекса, то есть уметь обрабатывать одновременно два потока данных: один — на запись, другой — на воспроизведение.

Сигнал, поступающий на выходы аудиокарты, может предварительно обрабатываться аппаратным эквалайзером. Обычно его применяют в достаточно дорогих устройствах, большинство массовых звуковых карт аппаратного эквалайзера не имеют. В принципе, функции эквалайзера достаточно хорошо реализуются и программными способами.

Звуковая карта служит не только для обработки и преобразований внешних сигналов, но и должна сама генерировать аудиоданные по командам, подаваемым программным обеспечением. В звуковых картах применяют два метода генерации аудиосигнала: *FM*-синтез и волновой табличный синтез.

Блок *FM (Frequency Modulation* — частотная модуляция) синтезатора имеет несколько каналов (голосов). Каждый канал содержит несколько генераторов синусоидального сигнала (операторов). Цепочка генераторов в канале управляется по параметрам частоты и амплитуды. Итоговый сигнал представляет собой смесь синусоидальных сигналов. В качестве *FM*-синтезаторов чаще всего применяют микросхемы *OPL2* или *OPL3* фирмы *Yamaha.* Первая поддерживает два канала, а *OPL3* — четыре канала.

Блок волнового табличного синтеза *(Wave Table Synthesizer)* работает на основе таблицы образцов звучания определенного набора музыкальных инструментов и других источников звука. Эти образцы хранятся в постоянном запоминающем устройстве *(ROM)* на звуковой карте или загружаются программно из оперативной памяти. В некоторых звуковых картах используют смешанный метод, когда базовая таблица находится в КОМ, а ее расширения поступают из оперативной памяти.

До перехода на интерфейс *PCI* аудиокарты с волновым табличным синтезатором часто имели собственное ОЗУ емкостью до 4 Мбайт. Сейчас такие конструкции не применяют, так как пропускной способности шины *PCI* вполне хватает для загрузки таблиц из основной оперативной памяти компьютера.

Извлеченные образцы звуков обрабатываются встроенным процессором по частоте и амплитуде в соответствии с командами программных продуктов. В качественных картах волновой табличный синтез позволяет генерировать очень хороший звук.

Ранее во многих аудиокартах предусматривался специальный разъем для подключения внешних (добавочных, «дочерних») карт волнового табличного синтеза. Сейчас такой разъем можно встретить на звуковых картах профессионального уровня, а массовые изделия имеют встроенный синтезатор.

Немалую роль в обеспечении качественного звука играют аналоговые цепи аудиокарты. В первую очередь это относится к фильтрам, отсекающим лишние (обычно высокочастотные) гармоники на входе и выходе устройства. Кроме того, промежуточные фильтры могут стоять перед кодеком и усилителем. Для массовых устройств достаточно фильтров 4-го порядка, фильтры 8-го порядка применяют в дорогих изделиях. К сожалению, аналоговая часть очень многих звуковых карт выполнена небрежно. Хочется назвать фирму, которая серьезно подходит к этому вопросу, — *Voyetra Turtle Beach.* Редко кто из других производителей уделяет такое серьезное внимание аналоговой части.

Несколько по-другому, в отличие от рассмотренной выше блок-схемы, выглядит конструкция звуковых устройств, предназначенных для установки в слот *AMR* или встроенных в системную плату. Так как основная часть нагрузки переложена на центральный процессор, такие платы обычно называют аудиокодеками. Действительно, они содержат только

кодек, микшер и интерфейс для взаимодействия с шинами. Для примера покажем принципиальное устройство аудиокодека *CS4299.* Еще более простую конструкцию имеют устройства с интерфейсом *CNR.* Как правило, у них отсутствуют и кодек, и микшер — все функции переложены на чипсет системной платы и процессор.

Итак, звуковую карту сегодня можно считать достаточно современной, если она имеет 16-битный стереофонический цифро-аналоговый и аналого-цифровой преобразователи, обеспечивает запись и воспроизведение стереозвука с качеством лазерного диска (частота преобразования 44 100 Гц). Обязательны поддержка полного «дуплекса» (возможность одновременной записи и воспроизведения звука) и наличие синтезатора, основанного на технологии *Wave Table* (волнового табличного) синтеза. В связи с распространением игр под операционную систему *Windows,* поддерживающих прикладную библиотеку *Direct Sound* фирмы *Microsoft,* появилась необходимость обрабатывать звук не программно, а аппаратно, иначе становится заметно «торможение» звукового сопровождения. Дело в том, что множество звучащих одновременно потоков смешиваются и обрабатываются одновременно. Технология *Direct Sound* способна переложить эту работу на плечи звукового ускорителя. Таким образом, сегодня наряду с давно известным понятием «видеоускоритель» появилось сравнительно новое — «аудиоускоритель» или «процессор звука».

Если обрабатываются 16 потоков стереозвука (каждый такой поток называют голосом), объем «прокачиваемых» данных приближается к 3 Мбайт в секунду. А ведь 16 потоков — далеко не предел. При синтезе звука на 32 канала с интерполяцией значений по четырем точкам пропускная способность шины должна быть не менее 16 Мбайт в секунду. Поэтому окончательная миграция аудиокарт на шину *PCI* стала процессом закономерным и неизбежным.

Аппаратные средства обработки звука

Сегодня только ленивый производитель не выпускает звуковых карт. Известны десятки и сотни их наименований. Однако базовых наборов микросхем выпускается не так много. Именно они в основном определяют возможности аудиоустройства. Остальное зависит от производителя. Здесь можно выбирать между известными, малоизвестными и *NoName*-фирмами, количеством входов и выходов на карте, дополнительными возможностями и прочими параметрами.

Следует обратить внимание на качество драйвера, совместимость с имеющимся программным обеспечением (прежде всего — с операционной системой) и сложившимися стандартами (к ним относится, в частности, поддержка спецификаций *Sound Blaster, Direct Sound, Dolby Digital).*

Далее мы рассмотрим главным образом современные (то есть рассчитанные на шину *PCI)* базовые наборы микросхем обработки звука, которые используются в непрофессиональных аудиокартах. Для качественной обработки звука существуют профессиональные компоненты с впечатляющей ценой (300-1500 безусловных единиц), описание которых можно найти в специальной литературе.

Кодеки АС'97

В 1997 г. консорциум компьютерных фирм во главе с компанией *Intel* утвердил спецификацию на средства обработки звука в компьютерной системе. Этот отраслевой стандарт получил обозначение *Audio Codec Component Specification 1997 (AC'97).* С тех пор в дискуссиях вокруг этой спецификации сломано немало перьев. Одни авторы утверждают, что *AC'97* — «полный отстой». Их оппоненты справедливо указывают, что спецификация здесь ни при чем, а «отстой» появляется стараниями китайских производителей, которые устанавливают в звуковой тракт дешевые компоненты.

Пользователи, не относящиеся к числу меломанов, по привычке покупают и устанавливают отдельные звуковые карты бюджетного класса, то есть ценой 15-25$. Такое решение обычно основано на традиционном представлении, что звуковая карта всегда обеспечит лучшее качество звучания, чем интегрированная в системную плату микросхема *AC'97.* В недавнем прошлом это утверждение было по большей части справедливым, однако сейчас его можно считать в корне неверным. Современные аппаратные решения стандарта *AC'97* ни в чем не уступают чипам, установленным в звуковых картах бюджетной категории, а многие модели превосходят их как по качеству звучания, так и по функциональности.

Спецификацией АС'97 предусмотрено разделение звуковоспроизводящего устройства на две части: цифровой контроллер *(Digital Controller)* и собственно кодировщик-декодировщик (кодек), занимающийся преобразованием звукового сигнала из цифровой формы в аналоговую и обратно *(Audio Codec).* Соединены они синхронной шиной *AC-link,* стандартно работающей на частоте 48 кГц при разрядности 16 бит (возможно расширение формата передачи данных до 20 бит при частоте до 96 кГц). Цифровой контроллер занимается обработкой, а кодек — оцифровкой, воспроизведением, а также цифровым и аналоговым микшированием различных источников звукового сигнала. Чем выше разрядность кодека, тем более точно он может выполнять преобразования звука. Встречаются кодеки с разрядностью 16, 18 или 20 бит.

Встроенные в системную плату устройства обработки звука по большей части в качестве цифрового контроллера используют ресурсы центрального процессора, то есть обработка звука происходит программно-аппа-

ратным методом, где роль программы исполняют драйверы. Очевидно, что сложные эффекты объемного звука требуют достаточной мощности центрального процессора. При недостатке ресурсов возможно пропадание, искажение звука или отставание звукового сопровождения от видеоряда.

Спецификация *AC'97* версии 2.3 позволяет реализовать различные варианты компоновки — с одним стереовыходом, с двумя выходами (на фронтальные и на тыловые колонки) или с выводом на шесть каналов (для вывода декодированного потока *Dolby Digital 5.1* и подачи сигнала на комплект акустики по аналоговым входам).

Сильным стимулом для развития звуковых возможностей системных плат стало появление чипсетов фирмы *nVIDIA* со встроенным в южный мост процессором обработки звука *(Multimedia Processor Unit).* Такой процессор обеспечивает поддержку шестиканального звука в формате *Dolby Digital 5.1,* цифровой выход *Sony-Philips Digital Interface (SPDIF)* на внешние декодеры. Такие параметры прежде были характерны только для звуковых карт «меломанского» уровня, например *Sound Blaster Live! 5.1.*

Естественно, что производители системных плат и чипсетов не могли пройти мимо успеха *nVIDIA,* и сейчас наличие качественного звукового устройства «на борту» материнской платы, скорее правило, чем исключение. Вместе с тем, до сих пор покупка системной платы с интегрированным звуком похожа на лотерею: даже на одной модели системной платы от одного производителя на конкретных экземплярах модели кодеков могут различаться. Иногда на заводах ставят то, что оказалось в наличии. В документации на материнскую плату по поводу кодека обычно отделываются общими словами: мол, есть поддержка звука спецификации *AC'97* версии 2.3, шести каналов звука, цифрового выхода, а больше пользователю знать не обязательно.

В действительности кодеки весьма сильно различаются по своим функциональным возможностям и качеству обработки звука. «Матерестроители» могут использовать как весьма качественные кодеки фирмы *Wolfson,* так и продукцию среднего уровня компаний *CMedia, SigmaTel, Analog Devices, Crystal (Cirrus Logic), Avance Logic (Realtek), VIA, Intel.*

Кодеки High Definition Audio

История возникновения спецификации *High Definition Audio* такова. С приходом операционной системы *Windows* на платформу персональных компьютеров закончилась эпоха разношерстных архитектур и прямого программирования звуковых карт, началась эпоха единых стандартов и единых *API.* В 1996 г. компания *Microsoft* выпустила *DirectSound API* с поддержкой многоканального звука, программной эмуляцией и возможностью аппаратного ускорения аудиофункций. В 1997 г. компания *Intel*

представила стандартную спецификацию на аудиокодеки под названием *AC'97 (Audio Codec '97).* Главным достижением этой спецификации можно считать улучшение качества звучания интегрированных решений и массовых звуковых карт за счет полного разделения аналоговой и цифровой частей, повышение максимальной частоты дискретизации до 48 кГц. Скажем, в воплощении *Analog Devices* и *Intel (SoundMAX Cadenza) или nVidia nForce* интегрированный *AC'97* звук показывает вполне приемлемое качество.

Спецификация *High Definition Audio (HD Audio)* является преемником и эволюционным продолжением спецификации *AC'97.* Новые кодеки имеют тот же форм-фактор и совместимы с *HD Audio* контроллерами снизу вверх.

Таблица 14. Сравнение спецификаций

Спецификация	AC'97	High Definition Audio
Дискретизация	16 бит 48 кГц	32 бит 192 кГц
Формат вывода звука	5.1	5.1/7.1
Полоса пропускания	11,5 Мбит/с	48 Мбит/с
Определенный канал DMA	DMA каналы общего назначения	Поддержка многопоточности и нескольких подобных устройств
Число устройств	Одно звуковое устройство в системе	Несколько логических звуковых устройств
Опорная частота	Задается извне, основным кодеком	Берется от I/O Controller Hub
Audio Plug and Play	Ограниченный device sensing / jack retasking	Полный device sensing / jack retasking
Запись с микрофона	Стереомикрофон или 2 микрофона	Поддержка массива из 16 микрофонов

Спецификация *HD Audio* поддерживает *API Microsoft Universal Audio Architecture (UAA).* Совместимость с *UAA* подразумевает автоматическую установку в звуковом устройстве единого универсального драйвера от *Microsoft,* находящегося в операционной системе, корректно поддерживающего все базовые функции устройства и обеспечивающего воспроизведение звука без заиканий. Совместно с компанией *Dolby* корпорация *Intel* разработала программу лицензирования и выдачи сертификатов компьютерам с *High Definition Audio* звуком:

- *Dolby Sound Room* (поддержка формата 5.1 для одного слушателя, *Dolby Digital, Dolby Headphone, Dolby Virtual Speaker, Dolby Pro Logic II);*
- *Dolby Home Theater* (поддержка формата 5.1 для нескольких слушателей, *Dolby Digital, Dolby Headphone, Dolby Virtual Speaker,*

Dolby Pro Logic II, а также создания *DVD* с *Dolby Digital* с помощью *Dolby Digital Stereo Creator);*

- *Dolby Master Studio* (поддержка формата 7.1 для нескольких слушателей, *Dolby Digital, Dolby Digital Live, Dolby Headphone, Dolby Virtual Speaker, Dolby Pro Logic IIx,* а также создания *DVD* с полноценным *Dolby Digital).*

Любопытной особенностью стандарта *HD Audio* является функция *Jack Retasking* — перенастройка функциональности аудиоразъема в зависимости от типа подключенного к нему устройства. Нынешняя версия спецификации *AC'97 (v2.3)* определяет *Jack Sensing* — распознавание типа подключенного к разъему устройства (за счет принципиально разного импеданса у микрофонов, наушников и активных колонок). За счет новой модульной схемы кодеков компьютер начнет принимать (с предусилением) сигнал от микрофона и выводить звук на наушники вне зависимости от того, в разъем какого цвета и названия был воткнут их штекер.

Кодеки Realtek

Один из самых популярных семейств кодеков — *ALC65x* от компании *Realtek.* Именно эти микросхемы используются заметным большинством производителей материнских плат. *ALC650* представляет собой 18-битный полнодуплексный шестиканальный *AC*'97-кодек, разработанный специально для мультимедийных систем на базе ПК. Хотя изделие ориентировано на потребительский сегмент рынка, сегодняшний *low-end* обладает приличными параметрами. Заявленное производителем соотношение сигнал/шум составляет 90 дБ, что явно превосходит массовые потребности. Архитектурой кодека предусмотрено три пары стереовыходов с независимой регулировкой громкости. Кодек оснащен собственным усилителем для головных телефонов, что сокращает список используемых электронных компонентов платы, и, следственно, снижает общую себестоимость. С точки зрения производителей, основные достоинства *ALC650* — низкая стоимость и совместимость с громадным списком чипсетов. Шестиканальные кодеки *Realtek ALC655* и *ALC658* поддерживают технологию автоматического определения параметров устройств, подключаемых к аналоговым входам/выходам и переназначения разъемов. В остальном их возможности совпадают с параметрами родоначальника семейства.

Кодеки нового поколения *ALC850/861/880* появились относительно недавно и встречаются на материнских платах последних версий. *ALC880,* отвечающий спецификации *HD Audio,* демонстрирует некоторое улучшение ряда параметров по сравнению с *ALC650,* но восьмиканальный AC'97-кодек *ALC850* выглядит на общем фоне несколько хуже. Видимо, интеграция 7.1-канального звука в стандарт *AC'97* не прошла без послед-

Модель кодека	ALC650	ALC655	ALC658
Число каналов	6	6	6
Редакция AC'97	2.2	2.3	2.3
Схема встроенного усилителя	+	+	+
АПЧ с кварцевой стабилизацией	+	+	+
Назначение S/PDIF	In/Out	In/Out	In/Out
Режим Double Rate Audio	+	+	+
GPIO	+	+	+
Функция выключения CD	—	+	+
Управление усилением микрофона	—	+	+
Internal PC-Beep	—	+	+
Поддержка стереофонического микрофона	—	+	+
Цифровой эквалайзер	S/W	S/W	S/W
Система переназначения разъемов FlexJack	—	+	+
Технология Jack Sensing/Reporting	—	+	+
Аудиоразъемы для фронтальной панели	—	—	+

ствий. Вместе с тем, *ALC880* по всем показателям не дотягивает даже до звуковых карт уровня *SB Live!,* не говоря уже о более новых и качественных платах. *ALC861* демонстрирует лучшие, по сравнению с устройствами предыдущего поколения, показатели шумности, динамического диапазона, нелинейных искажений и взаимопроникновения стереоканалов, но повышенную неравномерность АЧХ. В целом его параметры немного лучше уровня *SB Live!,* но уступают звуковым картам последнего поколения. Если учесть, что такое качество звучания предлагается для интегрированного на материнскую плату звукового решения, то остается только порадоваться за покупателей и компанию *Realtek,* доказавшую, что она действительно способна создавать весьма и весьма достойные продукты в области мультимедиа.

Кодеки VIA

В компании *VIA* давно пришли к выводу, что люди используют компьютеры в большей мере как средства развлечения, нежели как рабочий инструмент. Возросшие мультимедийные возможности ПК подтолкнули компанию *VIA* к приобретению фирмы *ICEnsemble,* специализирующейся на производстве аудиоконтроллеров. На основе разработок *ICEnsemble* была создана комбинация программно-аппаратных решений, получив-

ших название *Vinyl Audio.* Южный мост *VIA VT8235* поддерживает шестиканальный *Surround Sound AC'97* посредством цифрового интерфейса *AC-Ылк.* Однако *VT8235* не имеет собственного аудиопроцессора, поэтому отсутствие аппаратной обработки аудиопотоков несколько снижает быстродействие компьютера.

Обеспечение качества звучания ложится на кодек *AC'97,* реализованный в микросхеме *VT1616.* Кодек может одновременно преобразовывать шесть аудиоканалов с разрешением 18 бит при соотношении сигнал/шум около 90 дБ. Для уменьшения выделения тепла в схеме *VT1616* отсутствует встроенный усилитель для наушников. Архитектура *VT1616* поддерживает аппаратное сведение каналов, что снимает нагрузку с центрального процессора. Проще говоря, многоканальный звук обрабатывается специальными алгоритмами для последующего воспроизведения через наушникиилипаруколонок.

Позднее компания *VIA* разработала усовершенствованный аудиоконтроллер *Envy24PT (VT1720),* предназначенный для интеграции в материнские платы (существует версия *Envy24HT* для звуковых карт). Микросхема поддерживает восьмиканальные системы, а также работу в «аудиофильском» режиме 192 кГц/24-бит. Различий между аудиоконтроллерами *Envy24HT* и *Envy24PT* практически нет.

Кодеки nVidia

С приходом интегрированных аудиокодеков практически все функции по обработке звука легли на центральный процессор компьютера. Однако развитие аудиопроцессоров не прекращалось, поскольку появились достаточно ресурсоемкие задачи (например, кодирование потоков *Dolby Digital* или обеспечение трехмерного позиционирования с использованием сложных математических алгоритмов). Компанией *nVidia* был разработан модуль аудиопроцессора *(Audio Processor Unit, APU),* интегрированный в южный мост набора микросхем *nForce.* На сегодняшний день аудиопроцессор от *nVidia* составляет реальную конкуренцию звуковым картам уровня *Creative Audigy 2.*

Аудиопроцессор обеспечивает поддержку большого числа программных интерфейсов, использующихся в современных играх, в том числе *DirectSound3D, EAX 1.0, EAX 2.0.* К сожалению, материнские платы на *nForce* работают только с процессорами компании *AMD.* Стоит заметить, что далеко не все наборы системной логики *nForce* оснащаются собственным модулем аудиопроцессора. Системная плата с набором системной логики *nForce MCP (Media and Communication Processors)* имеет черты обычных изделий, где вывод звука ложится на *AC'97*-кодек, а его обработка — на центральный процессор компьютера. Обычно поддержку расширенного набора функций отводят более дорогим вариантам материнских

Таблица 16. Параметры APU nVidia

Модель APU	**nForce/nForce2 APU**	**SoundStorm**
Аппаратное ускорение 2D звука	256 каналов	256 каналов
Аппаратное ускорение 3D звука	64 канала	64 канала
Аппаратные субмикшеры DX8	32	32
Параметрический эквалайзер	+	+
Взаимодействие звука с препятствиями	+	+
Эффекты ближнего поля	+	+
Искусственное эхо EAX2	+	+
Глобальные эффекты	+	+
Воспроизведение	2 колонки	2, 4 или 6 колонок
Входы Microphone/Line	+	+
Интерфейс SPDIF	-	+
Аппаратное кодирование Dolby Digital	-	+

плат. Не все разновидности южного моста *MCP* оснащены собственным модулем *APU.* На сегодняшний день различают следующие модификации чипсетов *nForce MCP:*

- *MCP* поставляются без *APU;*
- *MCP-D* поставляется с модулем *APU;*
- *MCP-T* поставляется с модулем *APU;*
- *MCP2-T* поставляется с модулем *APU.*

Архитектура *nForce2 APU* имеет четыре основные секции:

- *Setup Engine* (задающее устройство);
- *Voice Processor* (голосовой процессор);
- *Global Processor* (процессор общего назначения);
- *DICE - Dolby Interactive Content Encoder* (интерактивное кодирующее устройство *dolby*-контента).

Назначение секций понятно из их названий. Интерактивность модуля *DICE* заключается в том, что поток цифровой информации при проигрывании *DVD* происходит «на лету», после чего, пройдя конвертацию в многоканальный вариант *Dolby Digital 5.1,* он может быть передан через цифровой интерфейс *S/PDIF* на внешний аппаратный декодер.

Кодеки C-Media

Кодеки от *C-Media* никогда не выделялись особым качеством. Сравнительно новый кодек *CMI9880,* отвечающий спецификации *HD Audio,* пока-

зывает наихудшие результаты среди других *HD Audio-кодеков.* Несмотря на неплохие показатели уровня шума и динамического диапазона, уровни нелинейных и интермодуляционных искажений слишком высоки по меркам сегодняшнего дня.

Кодеки Analog Devices

Компания *Analog Devices, Inc (ADI)* давно специализируется и на производстве *AC'97*-кодеков для системных плат и звуковых карт. Практически сразу же после выхода в свет новой редакции *2.3* спецификации *AC'97, Analog Devices* выпустила соответствующий аудиокодек *AD1985,* совместимый с южными мостами *Intel ICH4* и *ICH5.*

Аппаратную часть кодека разрабатывает компания *Analog Devices, а* программное обеспечение для него поставляется под торговой маркой *SoundMAX.* В числе главных аппаратных особенностей *AD1985* отметим следующие:

- шестиканальный ЦАП для системы *5.1 Surround;*
- разрешение 20 бит для всех внутренних ЦАП;
- динамический диапазон 90 дБ;
- встроенный усилитель для головных телефонов;
- интегрированный параметрический эквалайзер;
- микрофонный вход со стереофоническим предусилителем;
- система фазовой автоподстройки частоты;
- система автоматического распознавания подключений *(Jack sensing).*

Из особенностей архитектуры отметим появление модуля *Analog Mixing Control Jack Sense,* благодаря которому операционная система идентифицирует подключенное аналоговое аудиоустройство.

Звук для меломанов

Звуковые карты для меломанов отличаются от «обычных» некоторыми существенными особенностями — наличием цифрового контроллера (часто называемого звуковым процессором), качественного кодека, продуманной и согласованной с другими компонентами аналоговой части. Удел звукового процессора — интерфейс с шиной *PCI,* цифровые преобразования, частотный *(FM)* синтез, позиционирование звука в пространстве, поддержка интерфейса *SPDIF* и прочее, включая связь с кодеком по цифровой шине *AC-link* на стандартизованной частоте 48 кГц. В отношении аналогового сигнала, поставляемого кодеком, задача звукового процессора предельно проста — не испортить «цифрой» качество аналогового «исходника».

Понятие «качественный кодек» сегодня означает, прежде всего, поддержку звука в формате 24 бит 96 кГц. Конвертеры с поддержкой 24/96 и записывают и звучат ощутимо лучше абсолютно во всех режимах, в том числе в «старых» форматах 16 бит 44 кГц (игры, *CD-Audio, MP3)* и 16 бит 48 кГц (*MPEG4, DVD*). Даже недорогие кодеки с поддержкой 24/96 по характеристикам лучше «старых» именно в режиме 16/44. Это связано с особенностью работы преобразователей с повышенной точностью представления данных.

К сожалению, точность формата хранения цифровых данных и качество преобразования этих самых данных в электрический, а впоследствии и в акустический сигналы — понятия отнюдь не тождественные. Большинство драйверов к современным звуковым картам позволяют воспроизводить звук в режиме 24/96, что вовсе не означает аппаратную поддержку.

Единственный минус нового формата — заметно возросшие требования к производительности компьютера. Ведь объем данных увеличивается в два раза по разрядности и в два раза по частоте. Также возрастают требования к объему оперативной памяти. Если для комфортной работы в режиме 16/44 необходим процессор класса *Pentium III* с частотой 1 ГГц и 256 Мбайт памяти, то для нового формата уже не обойтись без процессоров четвертого поколения с частотами выше 2 ГГц и 512 Мбайт оперативной памяти. Конечно же, речь идет об одновременной работе с несколькими звуковыми дорожками при одновременном наложении эффектов в реальном времени. Вместе с тем, такая ситуация нередка в играх последнего поколения и при воспроизведении *DVD-Audio.*

Среди известных своей функциональностью и качеством современных звуковых процессоров отметим следующие модели: *Audigy 2* компании *Creative Labs, Envy24HT* компании *VIA (ICEnsemble)*, *Thunderbird Avenger* компании *Philips.* На этих процессорах реализованы звуковые карты *Sound Blaster Audigy 2* (в различных модификациях) компании *Creative Labs,* серия *Edge* компании *Philips,* а также многочисленные модели компаний *Terratec, Audiotrak* и некоторых других фирм.

С внедрением формата 24/96 перешли в разряд морально устаревших (но вполне современных по остальным параметрам) звуковые карты на цифровых контроллерах предыдущего поколения: *Audigy* и *EMU10K1* компании *Creative Labs, Vortex 8830A2* компании *Aureal, CMI8738* компании *CMedia, YMF-754* компании *Yamaha, Sound Fusion CS4624* компании *Cirrus Logic* и некоторые другие.

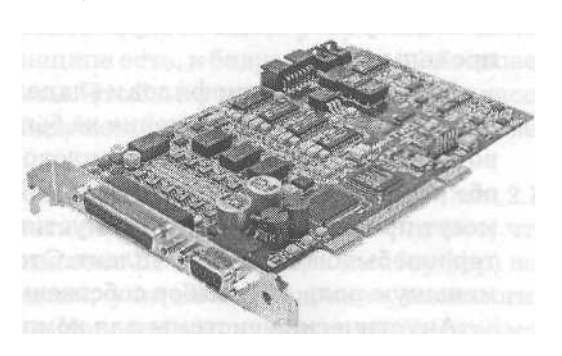
Если пользователь хочет получить в свое распоряжение карту с поддержкой передовых технологий объемного звучания в играх и достаточно качественным воспроизведением цифровой музыки, то лучшим выбором станут изделия на цифровых контроллерах *Audigy2* или *Thunderbird*

Avenger. При склонности к качественному прослушиванию музыки стоит приглядеться к звуковым картам с цифровым контроллером *Envy24HT.* Несколько особняком стоит группа звуковых карт на чипе *YMF-754.* Они великолепно работают со звуком в форматах *MIDI* и *XG,* но слабы в обработке трехмерного звука. Такие карты можно рекомендовать как дополнительные устройства прослушивания и записи файлов *MIDI.*

Для профессиональной категории писателей и слушателей музыки предназначены звуковые карты стоимостью от нескольких сотен до тысяч долларов. Такие карты не могут воспроизводить эффекты объемного звучания в играх, однако обеспечивают аудиофильское качество записи и воспроизведения звука.

Карты профессионального класса (нижнего ценового диапазона) могут быть рекомендованы и меломанам, желающим слушать *Hi-Fi* музыку с помощью компьютера.

Для примера рассмотрим особенности профессиональной звуковой карты *Lynx Two* компании *Lynx Studio Technology* (цена от 1300 до 1500 долларов в зависимости от модификации). Это изделие является знаковым в том смысле, что позволяет ответить на вопрос: а годится ли компьютер в принципе для работы с качественным звуком? С подачи аудиофилов в музыкальной среде бытует мнение о невозможности достижения на компьютере качественного звука в принципе. Однако практика показывает, что если подойти к делу с умом, то результат получается вполне адекватным.



Звуковая карта LynxTwo

Основные характеристики карты свидетельствуют, что сегодня компьютерная обработка звука на уровне студийной мастер-копии вполне допустима и одна карта может заменить многокомпонентную, на порядок более дорогую аудиостудию. Судите сами:

- диапазон воспроизводимых частот 20-22 000 Гц;
- отношение сигнал/шум 116 дБ, динамический диапазон 117 дБ;
- коэффициент нелинейных искажений не более 0,002%.
- в качестве преобразователей используются стереофонические ЦАП и АЦП высшего класса *(Crystal CS4396* и *AKM AK5394* соответственно).

Вывод таков: не всякая стационарная аппаратура класса *Hi-Fi* обладает такими характеристиками.

Акустические системы

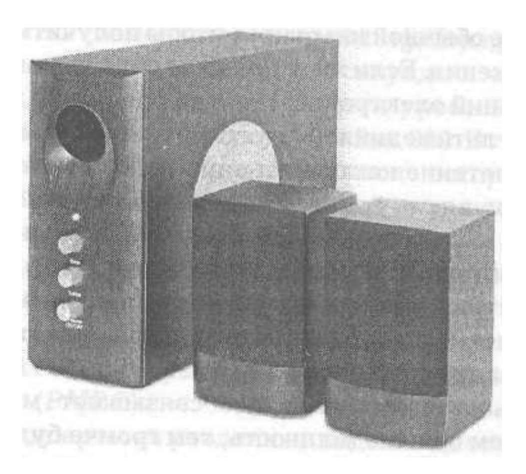
Законы акустики, как и всякие фундаментальные законы природы, не имеют «срока давности». И хотя они были открыты задолго до появления компьютеров и бытовой *Hi-End* аудиоаппаратуры, эти законы одинаково применимы к любой современной акустической технике. Когда распираемый гордостью владелец колонок *Hi-End* (ценой несколько килобаксов) демонстрирует наклеенный на них лейбл, где заявлен диапазон воспроизведения частот 20—20 000 Гц, надо посоветовать ему лучше учить физику.

В умных книгах говорится, что, согласно законам физики, при нормальном атмосферном давлении для «честного» воспроизведения звука частотой хотя бы 31,5 Гц акустика должна иметь объем около 270 литров (то есть колонка будет иметь размеры среднего холодильника). Такие акустические системы существуют, их часто используют в качестве контрольных мониторов в студиях звукозаписи. Но даже самые элитные студии не претендуют на «честное» воспроизведение звука с частотой 20 Гц, поскольку необходимое акустическое оформление выходит за разумные пределы.

Давний спор аудиофилов и владельцев «компьютерного звука» по поводу качества воспроизведения на бытовой аппаратуре и на звуковой карте во многом лишен смысла: на плохой или средней акустической системе обе конфигурации будут звучать примерно одинаково. Заметные отличия могут проявиться только на акустике, стоящей больше, чем сам компьютер или бытовой *Hi-Fi* комплект. Отсюда вывод: выбор акустики играет не меньшую роль, чем выбор собственно звуковой карты.

Акустические системы для компьютера (те, что продаются в компьютерных магазинах) принято считать мультимедийными. То есть ни одна из них на более высокий класс не тянет. И тому есть простое объяснение: качественный звук можно получить только от качественного усилителя (ресивера). Естественно, что никакой встроенный в звуковую карту или в акустику усилитель не может тягаться по характеристикам со стационарным аппаратом. Поэтому спектр применения мультимедийной активной акустики ограничивается озвучиванием игр, прослушиванием музыки и звукового сопровождения фильмов с бытовым качеством. При желании получить лучшее качество можно посоветовать подключение звуковой карты оптическим или коаксиальным кабелем «по цифре» к внешнему усилителю (ресиверу) и вывод звука на достойный акустический комплект.

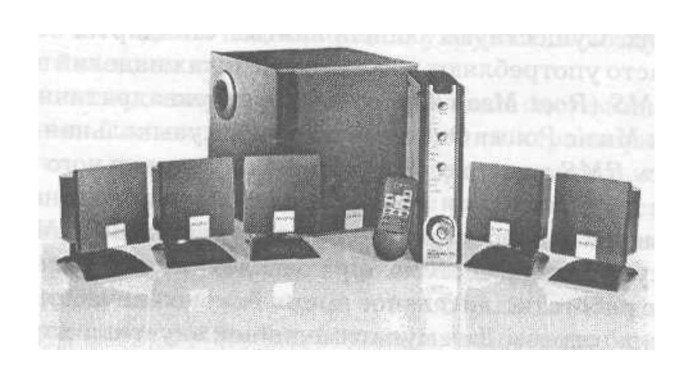
Для прочих надобностей вполне подойдет и мультимедийная компьютерная акустика. Этот класс аппаратуры можно разделить на три группы: для украшения компьютерного стола, для качественного озвучивания игр и музыки, для звукового сопровождения фильмов *MPEG-2* или *MPEG-4.*



Акустический комплект 2.1 в деревянном оформлении

Первая группа систем представлена пластиковыми устройствами ценой до 30$ за комплект. Звучат они примерно так же, как репродуктор в пионерском лагере советских времен. Задача таких устройств - показать, что на компьютере звук в принципе есть, и бодрым кряканьем оповестить о прибытии электронной почты. Что бы вы ни выбрали в этом классе устройств, принципиальной разницы между ними нет, и поэтому посоветовать что-либо невозможно.

Более серьезные задачи способны решать стереофонические (или 2.1) комплекты в деревянном акустическом оформлении. Автор считает, что для мультимедийной акустики комплект 2.1 (стереопара и сабвуфер) вообще является идеальным вариантом, учитывая внедрение технологий виртуальногозвуковогоокружения. Конечно, выпускается множество моделей шестиканальных и даже восьмиканальных акустических комплектов. Однако трудно представить, как их можно правильно разместить в



Акустический комплект 5.1

обычной комнате обычной квартиры, чтобы получить заявленный эффект звукового окружения. Если же у пользователя хватит денег на «выделенную» под домашний электронный театр комнату, то должно хватить и понимания, что мультимедийной акустике в такой комнате не место. Таким образом, приобретение комплекта акустики 5.1 автор считает практически бесполезным, а трату денег на него — напрасной.

Остановимся подробнее на ключевых характеристиках акустических систем. Основными из них можно считать мощность, амплитудно-частотную характеристику и акустическое оформление. Значение АЧХ мы рассматривали ранее применительно к звуковым картам и потому возвращаться к этому параметру не будем.

Многие пользователи напрямую связывают мощность акустики с громкостью: «Чем больше мощность, тем громче будут звучать колонки». Однако это распространенное мнение ошибочно. Далеко не всегда колонка мощностью 100 Вт будет играть громче или, тем более, качественнее той, у которой указана мощность в 50 Вт. Значение мощности характеризует не громкость, а скорее механическую надежность акустики. Динамические головки сами по себе имеют низкий коэффициент полезного действия и преобразуют в звуковые колебания лишь 2-3% мощности подводимого к ним электрического сигнала. Величина мощности, которую указывает производитель в паспорте, говорит о том, что при подведении сигнала указанной мощности динамическая головка или акустическая система не выйдет из строя.

Номинальные значения мощности динамических головок, усилительного тракта, акустической системы могут быть разными. Указываются они скорее для ориентировки и оптимального сопряжения компонентов. К примеру, усилитель большой мощности может вывести колонку из строя в максимальных положениях регулятора громкости «благодаря» высокому уровню искажений.

Мощность измеряют различными способами и в различных тестовых условиях. Существуют общепринятые стандарты этих измерений. Наиболее часто употребляют в характеристиках изделий западных фирм методики *RMS (Root Mean Squared* — среднеквадратичное значение) и *PMPO (Peak Music Power Output* — пиковая музыкальная мощность).

Мощность *RMS* измеряется подачей синусоидального сигнала частотой 1000 Гц до достижения определенного уровня нелинейных искажений. Например, в паспорте на изделие записано: 15 Вт *(RMS)*. Это говорит о том, что акустическая система при подведении к ней сигнала мощностью 15 Вт может работать длительное время без механических повреждений динамических головок. Для мультимедийной акустики характерно завышение значений *RMS* вследствие сознательного измерения при очень высоких гармонических искажениях, иногда до 10%. При таком уровне искажений слушать звуковое сопровождение практически невозможно.

Мощность *PMPO* измеряется подачей кратковременного синусоидального сигнала длительностью менее 1 секунды и частотой ниже 250 Гц (обычно 100 Гц). При этом не учитывается уровень нелинейных искажений. К примеру, мощность колонки равна 500 Вт *(PMPO)*. Этот факт говорит о том, что акустическая система после воспроизведения кратковременного сигнала низкой частоты не имела механических повреждений динамических головок. Мощность *PMPO* российские пользователи часто называют «китайскими ваттами» из-за того, что величины при такой методике измерения нередко превышают тысячу ватт. Например, мультимедийные колонки потребляют из сети переменного тока электрическую мощность всего 10 ВА, но развивают при этом пиковую музыкальную мощность 1500 Вт (*PMPO)*.

Российские стандарты на различные виды мощности регламентируются ГОСТ 16122-87 и ГОСТ 23262-88. Они определяют такие понятия, как номинальная, максимальная шумовая, максимальная синусоидальная, максимальная долговременная, максимальная кратковременная мощности. Некоторые из них указываются в паспортах на отечественные изделия.

На практике наиболее важным является значение мощности, указанной в ваттах *(RMS)* при значениях коэффициента гармоник *(THD)*, равного 1% и менее. Но сравнение изделий только по этому показателю приблизительно и может иметь мало общего с реальностью.

Одним из самых важных факторов, влияющих на звучание акустической системы, является акустическое оформление, то есть архитектура и конструкция акустической системы. Только принципиальных схем акустического оформления насчитывается более десятка. Принципиально различают акустически разгруженное и акустически нагруженное акустическое оформление. Первое подразумевает конструкцию, в которой колебания диффузора ограничивается только жесткостью подвеса. Акустически нагруженное оформление ограничивает колебания диффузора помимо жесткости подвеса еще и упругостью воздуха, и акустическим сопротивлением излучению.

Также различают акустическое оформление систем одинарного и двойного действия. Система одинарного действия характеризуется возбуждением звука, идущего к слушателю, посредством только одной стороны диффузора (излучение другой стороны нейтрализуется акустическим оформлением). Система двойного действия подразумевает использование в формировании звука обеих поверхностей диффузора.

Поскольку на высокочастотные и среднечастотные динамические головки акустическое оформление колонки влияет слабо, обратим внимание на акустическое оформление низкочастотного канала (сабвуфера).

Самой популярной стала акустическая схема, которая получила название «закрытый ящик», принадлежащая к нагруженному акустиче-

скому оформлению. Представляет собой закрытый корпус с выведенным на фронтальную панель диффузором динамика. Достоинства — хорошие показатели АЧХ и импульсная характеристика. Недостатки — низкий коэффициент полезного действия, высокий уровень гармонических искажений.

Наиболее распространенным вариантом из систем двойного действия является фазоинвертор. Представляет собой динамик, выведенный на фронтальную панель корпуса, и трубу фазоинвертора, вмонтированную в корпус, выходящую одним концом также на переднюю панель. Длину и сечение фазоинвертора рассчитывают таким образом, чтобы на определенной частоте в нем создавалась звуковая волна, синфазная с колебаниями, вызванными фронтальной стороной диффузора.

Также широко применяют акустическую схему под названием «закрытый ящик-резонатор». В отличие от предыдущего примера диффузор динамика расположен внутри корпуса на перегородке. Сам динамик служит лишь «запалом» при формировании спектра низких частот. Его диффузор возбуждает звуковые колебания низкой частоты, которые потом многократно увеличиваются по громкости в трубе фазоинвертора, выполняющего роль резонансной камеры. Достоинством конструктивных решений с фазоинвертором является высокий коэффициент полезного действия при малых габаритах сабвуфера. Недостатки проявляются в ухудшении фазовых и импульсных характеристик.

Таким образом, для универсального применения (игры, музыка) оптимальным выбором будет комплект 2.1 с колонками среднего размера, в деревянном корпусе, с сабвуфером, выполненным по закрытой схеме, или с фазоинвертором. При выборе сабвуфера следует обращать внимание не на его громкость, а на достоверное воспроизведение низких частот.

Устройства управления

- Клавиатура
- Мышь
- ДЖОЙСТИК

Клавиатура

Клавиатура является одним из самых «древних» элементов компьютерных систем вообще. Именно с ней человек сталкивается чаще всего, когда сдает свои мысли на хранение компьютеру. Ввиду бытовой приземленности своих функций клавиатура получила в народе ласковое прозвище «Клава». Хотя некоторые предпочитают более грубый термин «доска».

С момента своего появления и до настоящего времени клавиатура претерпела лишь незначительные метаморфозы, оставаясь принципиально неизменной. Неоднократные попытки радикально улучшить свойства основного устройства алфавитно-цифрового ввода компьютеров пока ни к чему не привели. Людям оказалось удобнее механически запоминать бессмысленные сочетания типа ЙЦУКЕНГ (или *QWERTY),* чем осваивать новаторские идеи многочисленных изобретателей.

В последнее время в популярных околокомпьютерных изданиях часто раздаются заявления, что эпоха клавиатуры как основного устройства ввода информации заканчивается. В качестве альтернативы обычно называют средства так называемого речевого ввода (то есть, компьютерные системы распознавания речи). Хотелось бы узнать у этих пророков, как они видят речевой ввод в *BIOS Setup?* Или как обучить систему распознавания речи различать «мэканье», которым множество людей разбавляет свои фразы в обычном разговоре? Так что хоронить «Клаву» рано, она еще переживет большинство из «пророков».

Мышь также не отменяет многих функций клавиатуры, хотя большинство операций можно выполнять с ее помощью (кроме ввода текста). Однако давно замечено, что профессионалы предпочитают использовать в работе с программными продуктами так называемые «горячие клавиши» — сочетания алфавитно-цифровых и служебных клавиш, вызываю-

щие определенные действия программы. Как правило, горячие клавиши помогают существенно ускорить работу по сравнению с обычными «мышиными» приемами взаимодействия с интерфейсом программы.

Сегодня, так же как и в других областях компьютерных компонентов, клавиатуры разделены по ценовым категориям. К массовым изделиям относятся устройства стоимостью 5-20 единиц. Основаны они, как правило, на пленочной технологии, имеют слабенькую механику, при интенсивном вводе выдерживают 6-8 месяцев. Если же вы не набиваете каждый день по 20 страниц, то прослужат и несколько лет. В этом секторе хорошо зарекомендовали себя изделия фирм *Chicony* и *BTC*.

Средний ценовый диапазон (20-30 единиц) в России монопольно оккупировали клавиатуры *Cherry*. Изделия действительно удобные и стойкие. Клавиши практически нестираемые, механические контакты у некоторых моделей — позолоченные. *Cherry* хорошо выдерживают интенсивные нагрузки и обычно работают не менее двух лет. При меньшей загрузке они способны пережить все остальные компоненты компьютерной системы.

Старший дивизион (стоимостью более 30 единиц) представлен в основном изделиями фирм *Microsoft, Compaq, IBM*. Среди них наиболее известны (и удобны) клавиатуры от Билла Гейтса. Они разработаны с учетом новейших достижений в области эргономики и дизайна.

Из продуктов, близких к стандартному исполнению, можно посоветовать модель *MS Elite,* для «скорострельного» ввода — *MS Natural,* где поля для правой и левой рук разделены и развернуты по отношению к поперечной оси.

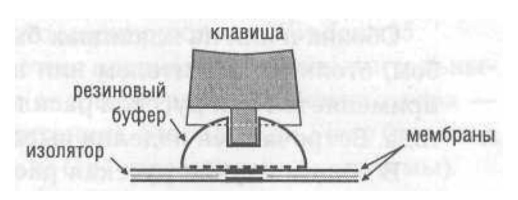
К основным параметрам клавиатуры относятся:

- поддерживаемый интерфейс;
- механизм клавиш;
- раскладка символов и служебных клавиш;
- форм-фактор служебных клавиш;
- эргономичность;
- дополнительные атрибуты.

Сейчас клавиатуры выпускаются с несколькими вариантами интерфейсов: стандартный разъем *DIN5,* разъем *PS/2,* интерфейс *USB,* инфракрасный порт, *Bluetooth*. Поэтому перед приобретением клавиатуры удостоверьтесь, что ее разъем подойдет к вашему компьютеру. В крайнем случае, можно воспользоваться переходниками *DIN-PS/2*. Самым современным решением являются клавиатуры с интерфейсом *USB*. Лучше приобретать модели, имеющие выходной разъем. Тогда клавиатуру можно будет подключить к компьютеру, а уже к ней подсоединить мышь (естественно, тоже с интерфейсом *USB)*. Любители работать лежа на диване могут попробовать беспроводную клавиатуру с интерфейсом *Bluetooth*. Хотя она бывает удобной и для обычной работы — все-таки провод иногда мешает.

Механизм клавиш является определяющим фактором как для долгожительства, так и для субъективной оценки удобства клавиатуры. Сегодня основная масса изделий оснащена либо мембранными, либо механическими, либо полумеханическими клавишами. В свою очередь, механические клавиши могут быть с так называемым «кликом» (щелчком).

Самое простое устройство имеет мембранный механизм. Формирование сигнала обеспечивается замыканием одинаковых токопроводящих контактов двух гибких мембран, расположенных на некотором расстоянии от клавиш параллельно друг другу и разделенных пластиковой пленкой с отверстиями напротив контактов. При этом возврат клавиши осуществляется за счет куполообразного резинового буфера, на который опирается направляющий штифт. Клавиатуры такого типа обычно называют «пленочными», они наиболее дешевы, но служат недолго. К особенностям этого класса можно отнести хорошую защищенность от замыкания попавшей внутрь жидкостью (любит у нас народ, сидя за компьютером, по утрам пить кофе, а по вечерам — пиво), что немало способствует популярности.

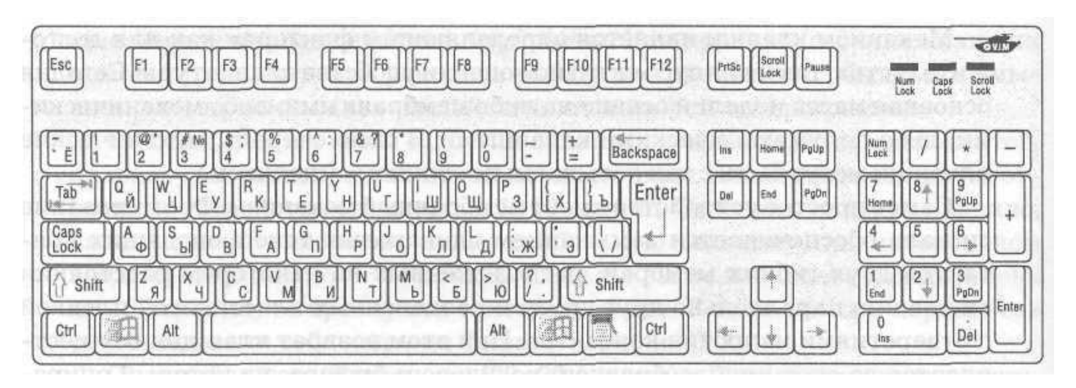


Механизм клавиш мембранного типа

Полумеханическая клавиатура отличается от мембранной только исполнением контактного поля — оно выполнено на печатной плате и потому более стойко к физическому воздействию. Полумеханические клавиатуры служат дольше мембранных, но по тактильным ощущениям от них практически не отличаются, так как механизм возврата применяется тот же — резиновый буфер.

Клавиши могут быть выполнены на механике «с кликом» и без него. В первом случае при срабатывании клавиши слышен отчетливый щелчок и чувствуется некоторое пороговое усилие. Механическое решение здесь довольно простое — под клавишей помещается пластина из пружинистой стали, сопротивляющаяся воздействию усилия нажатия (как рессора в автомобиле). После определенного хода клавиши она резко, со щелчком, прогибается в обратную сторону. Есть сторонники и противники обоих вариантов, какой выбрать — дело вкуса. Одно время «клик» был настолько популярен, что его делали и в мембранных клавиатурах.

Устройством возврата в механической клавиатуре служит пружина, а контактное поле выполнено на печатной плате. Если контакты в механической клавиатуре позолоченные, она выдерживает около 100 миллионов нажатий, что в пять раз выше, чем у мембранной клавиатуры. Однако обычная механическая клавиатура плохо защищена от попадания на контактное поле жидкости и посторонних частиц. Для защиты требуются специальные меры, которые удорожают продукцию.



Типичная клавиатура с раскладкой Windows

Обозначения на клавишах бывают нанесенными механическим способом, стойким красителем или наклеенными. Последний вариант иногда применяется для русской раскладки, и стойкость его не превышает полугода. Встречаются изделия высшего уровня с подсвеченными буквами.

В общем случае русская раскладка делится на две группы — машинописную и *Windows.* Очевидно, что машинописная раскладка полностью повторяет таковую у пишущей машинки. Это не всегда удобно при работе с программным обеспечением. Поэтому лучше выбирать клавиатуры с так называемой Windows-раскладкой. Ее легко определить по расположению клавиши Ё (или тильды в латинской раскладке) перед цифровыми клавишами основной группы.

Форм-фактор служебных клавиш оказывает большое влияние на удобство работы с клавиатурой. К служебным относятся клавиши, которые не предназначены для ввода символов: *Enter, Backspace, Esc, Tab, Caps Lock, Shift, Ctrl, Alt* и др. Во многих программных продуктах служебные клавиши широко используются для формирования сочетаний «горячих клавиш». Очевидно, что расположение и форма служебных клавиш иногда значительно отличаются у разных производителей. Многие пользователи предпочитают такой форм-фактор, когда клавиша *Enter* большая L-образная, а правый *Shift* укороченный за счет перемещения одной символьной клавиши вправо от него.

Под эргономичностью клавиатуры обычно понимают общую субъективную оценку ее удобства в работе. Конечно, существуют численные значения некоторых параметров. Например, стандартной величиной усилия нажатия клавиши считается 55 грамм. Если требуется большее усилие, то говорят, что клавиатура «жесткая». Существенно меньшее усилие не позволяет оценить, произошло срабатывание клавиши или нет. Средняя величина хода клавиши до срабатывания принята около 3,5 миллиметров. Для «скорострельного» ввода надо выбирать клавиатуры с более коротким ходом клавиш.

Родоначальником целого класса действительно эргономичных клавиатур следует считать *MS Natural.* Вслед за ней было выпущено множество моделей различными фирмами. В принципе, эти клавиатуры являются вариациями изделия *Microsoft.* Ныне необходимым элементом эргономичной клавиатуры считается подставка под запястья. Ее надо выбирать под собственные размеры. Например, для мужчины с крупными руками узкая подставка пользы не принесет.

К дополнительным атрибутам клавиатуры можно отнести как некоторые клавиши, не входящие в стандартный набор, так и прочие элементы, не относящиеся к клавишам. Практически повсеместным стандартом стали дополнительные клавиши вызова меню Пуск в операционной системе *Windows* и контекстного меню (аналог щелчка правой кнопкой мыши). Клавиатуры с такими клавишами часто маркируют как *Windows95.*

Под маркировкой *Windows98* известны клавиатуры с дополнительными клавишами управления режимом энергопотребления компьютера — *Power Off* (включения/отключения питания), *Standby* или *Sleep* (переход в режим ожидания или «спячки»), *Wake Up* («пробуждения» системы).

Мультимедийными называют клавиатуры, оснащенные дополнительными клавишами и устройствами. Среди клавиш можно отметить: клавишу инициализации подключения к сервис-провайдеру, дублирующие основные кнопки панели управления броузера и универсального проигрывателя, управления регулятором громкости и пр. В качестве дополнительных устройств часто выступают: встроенный микрофон, а иногда и динамики, трекбол, сенсорная панель, порт интерфейса *PMCIA* и даже светодиоды подсветки клавиш.

Подведем некоторые итоги. Для массового пользователя клавиатуру можно выбрать исходя из следующих характеристик:

- интерфейс — в зависимости от типа системного блока;
- тип механизма — мембранная (по желанию — с «кликом»);
- стойкие обозначения на клавишах;
- раскладка — *Windows;*
- форм-фактор служебных клавиш;
- эргономические показатели — с подставкой под запястья, по возможности — с разворотом полей;
- дополнительные возможности — с дополнительными клавишами стандарта *Windows98.*

Клавиатуру, отвечающую перечисленным требованиям, на момент написания книги можно было приобрести по цене 15-20 долларов. На наш взгляд, она вполне удовлетворит запросы как начинающего пользователя, так и профессионала. Для эксплуатации в «тяжелых условиях» (то есть для игр и при опасности наводнения от кофе или пива) лучше брать дешевые модели, которые не жалко выбросить в случае поломки. Для спе-

цифических задач (Web-серфинг, обработка музыки и пр.) следует приобретать и специфические клавиатуры.

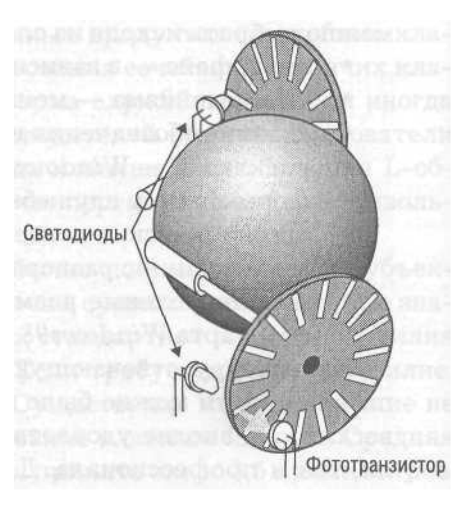
Особую группу составляют специализированные клавиатуры для игр: *Thrustmaster Tacticalboard* и ей подобные.

Мышь

По преданиям, электронно-механическое устройство дистанционного управления курсором типа *Mouse* (мышь) получило свое название благодаря отдаленной схожести с хвостатым животным. С тех пор это слово неоднократно обыгрывалось не только в околокомпьютерных анекдотах, но и производителями. При желании можно найти мышь действительно стилизованную под живого сородича — с шерстью, глазами и хвостом. По принципу действия механизма позиционирования различают оптические и механические мыши.

Механические мыши относятся к вымирающему виду и практически полностью вытеснены с рынка мышами оптическими. Принципиальное устройство механической мыши не отличается особой сложностью и основано на преобразовании вращательного движения по двум осям через оптический или электрический конвертор в серию цифровых импульсов, пропорциональных скорости передвижения.

Сегодня можно встретить мыши с интерфейсами *COM, PS/2, USB, IrDA* (инфракрасного порта), *Bluetooth,* радиодиапазона. В первом случае мышь подключают к одному из разъемов последовательного порта компьютера (обычно *COM1).* Сейчас такое подключение встречается крайне редко, только на совсем устаревших компьютерах. Разъем *PS/2* применяют на более современных материнских платах, мышь с таким интерфейсом избавлена от конфликтов с модемами и другими устройствами за прерывания и адреса. Самый современный кабельный интерфейс — *USB,* который обеспечивает беспроблемное функционирование мыши. Первым беспроводным интерфейсом для мыши стал инфракрасный порт. Он обладает минимальной пропускной способностью и требует прямой видимости между мышью и приемопередатчиком. Позднее появились радиоинтерфейсы (обычно в диапазоне 23-47 МГц), которые не тре-



Механизм регистрации перемещения механической мыши

бовали прямой видимости между мышью и приемопередатчиком. Однако мышь с радиоинтерфейсом потребляет сравнительно много энергии и требует частой подзарядки. Кроме того, в используемом диапазоне частот возможны помехи от других бытовых устройств. Последним по времени разработки и передовым по архитектуре беспроводным интерфейсом является *Bluetooth.* Эта технология считается стандартной для беспроводной периферии, основана на цифровой обработке данных, отличается высокой стабильностью и нечувствительностью к помехам. Энергопотребление находится на приемлемом уровне.

Мыши выпускают с тремя или двумя кнопками. Для большинства пользователей достаточно двухкнопочного изделия, так как третья кнопка применяется только изредка в специализированных профессиональных приложениях. Некоторые мыши обзавелись небольшим колесиком, расположенным между клавишами. С его помощью можно выполнять такие операции, как управление полосой прокрутки документа, масштабирование и другие программируемые функции. Определенную популярность приобрели мыши, оснащенные несколькими дополнительными кнопками на боковых поверхностях. Обычно их используют для программируемых функций в игровых приложениях. Кроме того, имеются модели мышей, специально приспособленных для динамических игр.

Оптические мыши

Родословную оптических мышей принято отсчитывать с 1999 г., когда в массовой продаже появились такие манипуляторы от *Microsoft.* Хотя оптические мыши были разработаны несколько раньше в исследовательской лаборатории *Agilent Technologies,* подразделении известной корпорации *Hewlett-Packard.* На сегодняшний день *Agilent Technologies, Inc.* — монополист на рынке оптических сенсоров для мышей. Впрочем, предприимчивые китайцы научились копировать сенсоры *Agilent Technologies,* поэтому в дешевых изделиях вполне может стоять китайский сенсор.

Принцип действия оптической мыши основан на регистрации отраженного света. С помощью светодиода и системы фокусирующих линз под мышью подсвечивается участок поверхности. Отраженный от этой поверхности свет собирается другой линзой и попадает на приемный сенсор процессора обработки изображений. Этот процессор делает снимки поверхности под мышью с высокой частотой. Снимок представляет собой матрицу из пикселей разной яркости. Микросхема не только делает снимки, но сама же их и обрабатывает, так как содержит две ключевые части: систему получения изображения *Image Acquisition System (IAS)* и интегрированный *DSP* обработки снимков. На основании анализа последовательности снимков *DSP* высчитывает направление перемещения мыши вдоль осей X и *Y.*

Микросхема состоит из нескольких блоков:

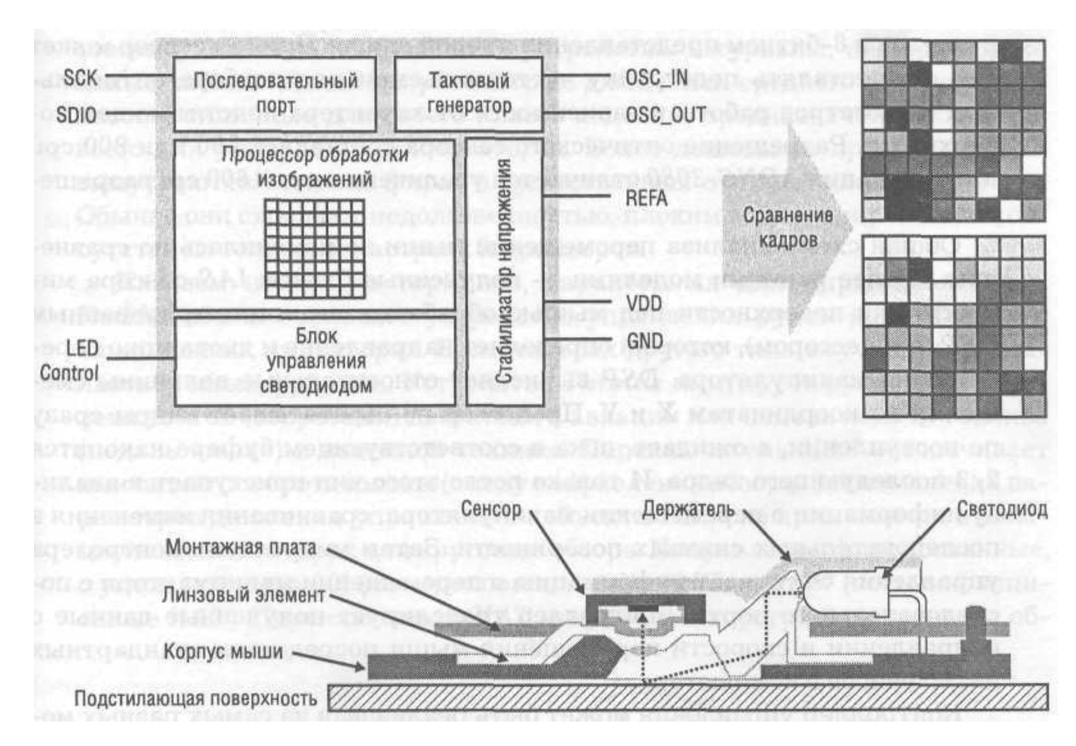
- основной блок, он же *Image Processor,* содержит процессор обработки изображений (*DSP)* со встроенным приемником светового сигнала (*IAS);*
- *Voltage Regulator And Power Control* (стабилизатор напряжения);
- *Oscillator* (блок преобразования внешнего сигнала с задающего кварцевого генератора);
- *LED Control* (блок управления светодиодом);
- контроллер управления, отвечающий за кнопки и колесики мыши;
- *Serial Port* (последовательный порт).

Информация с последовательного порта преобразуется в сигналы соответствующего интерфейса (обычно *PS/2, USB* или *Bluetooth)* и передается в компьютер. Компьютер, используя драйвер мыши, на основании поступившей по интерфейсу информации перемещает курсор-указатель по экрану монитора.

В целом система оптического слежения мышей, помимо микросхемы-сенсора, имеет еще несколько базовых элементов. Конструкция включает держатель (*Clip),* в который устанавливаются светодиод *(LED)* и непосредственно сама микросхема сенсора *(Sensor).* Вся конструкция крепится на печатную плату, между которой и нижней поверхностью мыши *(Base Plate)* закрепляется пластиковый элемент, содержащий две фокусирующие линзы *(Lens).* Оптимальное расстояние от линзы до отражающей поверхности под мышью должно быть в диапазоне 2,3-2,5 мм. Это рекомендация производителя сенсоров. Узкий диапазон фокусировки — основная причина плохой реакции оптических мышей на прозрачные и полупрозрачные подстилающие поверхности вроде оргстекла.

Первыми массово выпускаемыми оптическими сенсорами стали микросхемы *HDNS-2000.* Они имели разрешение 400 *cpi (counts per inch,* отсчетов на дюйм), что в принципе эквивалентно точкам на дюйм. Сенсор рассчитан на максимальную скорость перемещения мыши в 12 дюймов/с (около 30 см/с) при частоте съемки 1500 кадров в секунду. Допустимое ускорение при перемещении не более 0,15 *д* (примерно 1,5 м/с^2). Хотя сенсор *HDNS-2000* считается устаревшим, до сих пор сплошь и рядом в дешевых изделиях встречаются его китайские клоны.

Второе поколение оптических сенсоров представлено микросхемами *ADNS-2610* и *ADNS-2620.* Оптический сенсор *ADNS-2620* поддерживает программируемую частоту съемки поверхности под мышью 1500/2300 кадров/с (область съемки 18x18 пикселов). Максимальная рабочая скорость перемещения по-прежнему ограничена 12 дюймами в секунду, допустимое ускорение составляет 0,25 д. Микросхема *ADNS-2610* не имеет поддержки режима 2300 снимков/с. Вышедший вскоре сенсор *ADNS-2051* позволяет программно управлять разрешением оптического датчика в диапазоне 400-800 *cpi.* Также имеется возможность изменять частоту снимков



Устройствоипринципдействияоптическоймыши

поверхности в диапазоне 500-2300 снимков/с. Размер кадра составляет всего 16x16 пикселов. Допустимое ускорение мыши 0,15 д, максимальная скорость перемещения 14 дюймов/с. Сенсор *ADNS-2030* разработан для комплектации беспроводных мышей, требует питания с напряжением 3,3 В, поддерживает функцию снижения потребления энергии при нахождении мыши в состоянии покоя, переход в режим «сна». Остальные характеристики не отличаются от модели *ADNS-2051.*

В процессе эксплуатации мышей с сенсорами второго поколения выяснилось, что предельная скорость перемещения мыши в 12—14 дюймов/с явно мала. Также не вызывало сомнений, что допустимое ускорение требует увеличения. При резких движениях оптической мыши в динамичных игровых приложениях возникали проблемы.

Появление чипа *ADNS-3060* ознаменовало переход к третьему поколению оптических сенсоров. Микросхема *ADNS-3060,* по сравнению со своими предшественниками, обладает впечатляющими параметрами. Допустимая максимальная скорость перемещения манипулятора выросла до 40 дюймов/с (почти в 3 раза). Допустимое ускорение увеличилось в сто раз и достигло величины 15 g (почти 150 м/с^2). Программируемая скорость съемки поверхности до 6400 кадров/с при размере кадра 30x30

пикселов и 8-битном представлении в серой шкале. Причем сенсор может сам осуществлять подстройку частоты съемки для подбора оптимальных параметров работы в зависимости от характера подстилающей поверхности. Разрешение оптического сенсора составляет 400 или 800 *cpi*. Модификация *ADNS-3080* отличается увеличенным до 1600 *срг* разрешением.

Общая схема анализа перемещений мыши не изменилась по сравнению с более ранними моделями — полученные блоком *IAS* сенсора микроснимки поверхности под мышью обрабатываются интегрированным *DSP* (процессором), который определяет направление и дистанцию перемещения манипулятора. *DSP* вычисляет относительные величины смещения по координатам *X* и *Y*. Процессор не обрабатывает кадры сразу по поступлении, а ожидает, пока в соответствующем буфере накопится 2/3 последующего кадра. И только после этого чип приступает к анализу информации о перемещении манипулятора, сравнивания изменения в последовательных снимках поверхности. Затем микросхема контролера управления считывает информацию о перемещении манипулятора с последовательного порта. Контроллер транслирует полученные данные о направлении и скорости перемещения мыши посредством стандартных интерфейсов в компьютер.

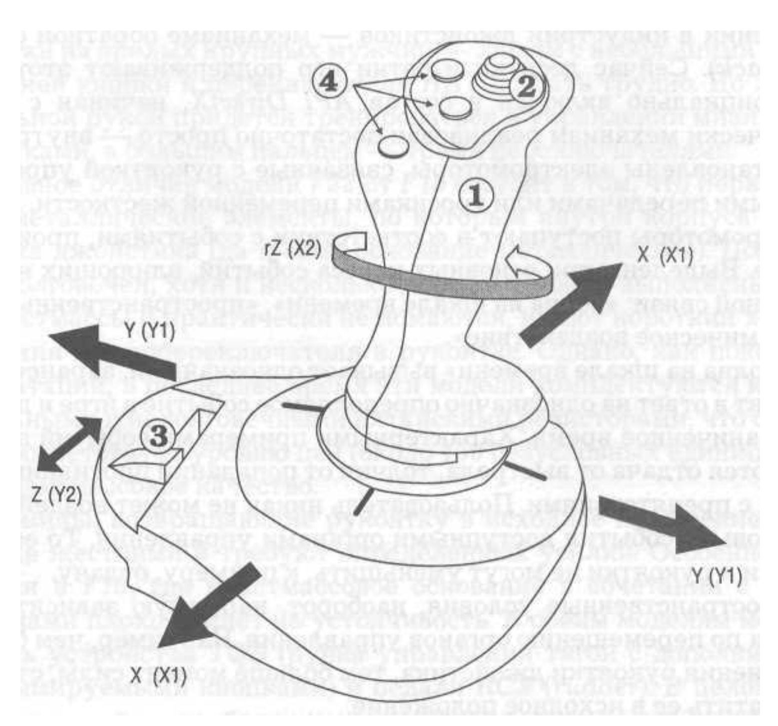
Контроллер управления может быть реализован на самых разных моделях микросхем. Если в сравнительно дорогих устройствах от *Microsoft* или *Logitech* он функционирует без проблем, то в недорогих манипуляторах от китайских производителей встречаются не вполне адекватные реакции. Таким образом, причина столь разительного отличия в поведении оптических мышей вовсе не в «плохих» или «хороших» установленных сенсорах, а в несовершенных чипах контроллеров управления и в ошибках реализации механических частей (например, фокусирующих линз).

Джойстик

Главным игровым устройством на компьютере до сих пор является обычная клавиатура. Большинство пользователей вполне обходятся этим универсальным инструментом. Однако есть и немалая группа тех, кто предпочитает иметь специализированные компоненты — джойстики, чтобы ощутить всю прелесть полного контроля за ходом игры. Конечно, все зависит от жанра тех игр, которые вы предпочитаете видеть на своем компьютере. Любителям стратегий или головоломок джойстик ни к чему. Опытные участники трехмерных сражений типа *Quake* примерно поровну делятся на сторонников мыши и джойстика. Но в жанре имитаторов, особенно авиационных, каких-либо успехов на серьезном уровне без джойстика добиться невозможно. Для истинных фанатов предназначены

совсем уж специализированные устройства: штурвалы, педали и даже целые кабины. Далее мы рассмотрим джойстики среднего ценового диапазона, типичные для своего класса изделий, предназначенные прежде всего для управления в имитаторах. Более дешевые и простые модели выпускаются сотнями фирм, и существенных отличий между ними нет. Обычно они страдают недолговечностью, плохим позиционированием, отсутствием толковых настроек и драйверов.

Назовем несколько терминов, характерных для мира джойстиков. *Rudder* обычно означает устройство управления рулем направления в авиационных имитаторах. В имитаторах другого типа ему могут присваиваться иные функции. Устройство *Throttle* имитирует рукоятку управления тягой (оборотами) двигателя в авиации или педаль подачи топлива (педаль «газа») в наземной технике. Переключатель *HAT* обеспечивает имитацию поворота головы (смену направления обзора) без изменения параметров движения управляемого объекта. Широко применяется в авиационных имитаторах для кругового обзора. Направления фиксированные, с углом поворота 90° (четырехпозиционные *HAT)* или 45° (восьмипозиционные *HAT).* Переключатели *HAT* могут быть запрограммированы на об-



Типовое устройство джойстика: 1 — рукоятка; 2 — кнопка HAT; 3 — движок управления тягой; 4 — дополнительные кнопки. 5 — рукоятка управления двигателем

зор в любой плоскости относительно вектора движения объекта. Поэтому для охвата полной сферы некоторые джойстики имеют до четырех переключателей *HAT*.

Обычно в системе координат джойстика (ориентированной на авиационные имитаторы) используют следующие обозначения:

- *X* (иногда *X1*) — управление по углу тангажа *(pitch),* то есть «вверх-вниз»;
- *Y* (иногда *Y1)* — управление по углу крена *(roll),* то есть «наклон влево-вправо» или просто «влево-вправо», если не задействована ось *rZ;*
- *rZ* (иногда *X2)* — управление по углу рысканья *(rudder),* то есть по курсу;
- *Z* (иногда *Y2)* — управление тягой *(throttle).*

Применительно к наземной технике часто используют другие обозначения:

- *X1* — управление курсом, то есть «влево-вправо»;
- *Y1* — управление тягой, то есть «газ-тормоз». Иногда последнюю функцию разделяют на *Y1* — «газ» и *Y2* •— тормоз.

Отдельно остановимся на сравнительно новом технологическом достижении в индустрии джойстиков — механизме обратной связи *(Force Feedback).* Сейчас десятки и сотни игр поддерживают этот механизм, он официально включен в состав *API DirectX,* начиная с версии *5.0.* Физически механизм реализован достаточно просто — внутри джойстика установлены электромоторы, связанные с рукояткой управления ременными передачами или тросиками переменной жесткости. Команды на электромоторы поступают в соответствии с событиями, происходящими в игре. Выделены три основных класса событий, влияющих на механизм обратной связи: «волна на шкале времени», «пространственные условия», «динамическое воздействие».

«Волна на шкале времени» вызывает однозначный, заранее известный эффект в ответ на однозначно определяемое событие в игре и длится строго ограниченное время. Характерными примерами событий этого класса являются отдача от выстрела, толчки от попаданий противника, столкновения с препятствиями. Пользователь никак не может воздействовать на «волновые» события доступными органами управления. То есть никакие кнопки и рукоятки не могут уменьшить, к примеру, отдачу.

Пространственные условия, наоборот, напрямую зависят от усилий игрока по перемещению органов управления. Например, чем больше угол отклонения рукоятки джойстика, тем больше момент силы, стремящейся возвратить ее в исходное положение.

Динамическое воздействие образуется в результате сочетания первых двух классов эффектов и наиболее полно отвечает картине реального мира. При этом модификация «волны на шкале времени» производится

путем изменения «пространственных условий» и наоборот. Например, в авиасимуляторе резкое изменение угла тангажа рукояткой джойстика приведет к усилению воздействия эффекта перегрузки, имитации вибрации корпуса самолета. Противоположный пример — в автомобильном имитаторе срыв колес в занос на скользкой дороге приведет к резкому уменьшению усилия на рукоятке джойстика, имитируя потерю управления автомобилем.

Джойстики Thrustmaster

Серия *F22 PRO/F16 FLCS.* На рукоятке находятся четыре кнопки, двухпозиционный курок, четыре переключателя типа *HAT* (все четырехпозиционные). Кнопки и переключатели программируемые, их функции описываются с помощью макроса, который затем загружается в память. Для этого предусмотрен порт под клавиатурный разъем — джойстик подключается «на проходе» между клавиатурой и компьютером. Кнопки и переключатели программируются для одного из трех возможных состояний — «нажал», «нажал и держишь», «держал и отпустил».

Рукоять (ее конструкция аналогична реальной ручке управления самолета *F-16)* имеет опору для ладони. Однако размер самой ручки скорее рассчитан на зрелых крупных мужчин — людям с небольшими ладонями до верхней кнопки и переключателя *HAT* достать трудно. Но и людям с нормальной рукой придется тренироваться в управлении мизинцем двумя кнопками, а большим пальцем — тремя переключателями.

Основное отличие модели *F22* от *F16* состоит в том, что первая модель имеет металлические элементы, по которым внутри корпуса движется рукоятка джойстика (да и само основание металлическое). Поэтому *F22* более долговечен, хотя и несколько дороже. Кнопки выполнены из прочной пластмассы и практически не ломаются, имеют короткий ход до срабатывания микропереключателя в рукоятке. Однако, как показал опыт эксплуатации, в последнее время эти модели комплектуются крайне нестабильными и недолговечными китайскими резисторами, что совершенно не соответствует уровню цен (около 150 безусловных единиц), предполагающему высокое качество.

Пружины, возвращающие рукоятку в исходное положение, кажутся излишне жесткими и требуют определенных усилий. Особенно это чувствуется в *F16,* где пластмассовое основание в сочетании с мощными пружинами плохо влияет на устойчивость. К обоим моделям можно подключить устройства *TQS* (ручка управления тягой с дополнительными программируемыми кнопками) и педали *RCS (rudder).* В целом *F16/F22* является одной из наиболее распространенных моделей, к ней выпускается много дополнительных устройств, программ, обеспечена поддержка практически всеми авиационными имитаторами.

Джойстики Logitech

В серии *Wingman* в зависимости от конкретной модели число кнопок находится в диапазоне от четырех до восьми, на всех моделях один переключатель *HAT* (четырех- или восьмипозиционный). Функции кнопок программируют с помощью специальной утилиты под *Windows.* На многих моделях есть рукоятка управления тягой, на некоторых — направлением *(rudder).* Кнопки сделаны из плотной резины и поэтому практически вечные. К сожалению, неудачно выполнен триггер курка. Свободный ход курка больше свободного хода кнопки микропереключателя, закрепленного внутри рукоятки на двух пластмассовых осях. В результате усилие нажатия на курок после выбора полного хода переключателя передается на его корпус и крепежные детали. В азарте боя следить за степенью нажатия на курок практически невозможно, поэтому вся конструкция ломается уже через несколько месяцев. Знающие люди вытачивают деревяшку, искусственно ограничивающую ход курка, и закрепляют ее внутри рукоятки на клее ПВА.

Пружины на конкретных экземплярах даже внутри одной модели могут сильно отличаться по жесткости, чаще всего встречаются мягкие. Отклонение управляемой точки от центрального положения значительно меньше, чем у большинства других джойстиков (то есть для отклонения на один и тот же угол требуется больший ход рукоятки). Вместе с тем, тяжелое металлическое основание обеспечивает устойчивость и позволяет энергично действовать рукояткой во всех диапазонах.

Форму рукоятки можно назвать одной из самых удобных среди джойстиков всех классов. Расположение кнопок достаточно эргономичное и позволяет быстро освоить их функции. Правда, есть сведения, что *Logitech* на некоторые модели стала ставить китайские резисторы — это следует учесть при покупке и, по возможности, проверить. Если на модели стоит руль направления, то пользоваться им затруднительно, так как он не имеет центрального положения, хотя плавно отрабатывает вращение. При включении программного центрирования, наоборот, руль отклоняется до тех пор, пока вы вращаете колесико, а угол отклонения зависит от скорости вращения. Прекращение вращения автоматически возвращает *Rudder* в центральное положение.



Джойстик Logitech Extreme 3D

Одной из последних моделей фирмы является джойстик с механизмом обратной связи *Wingman Force 3D.* Он стал одним из самых дешевых в своем классе и вполне подтверждает мнение о фирме *Logitech* как о «народной» благодаря удачному соотношению качества и

цены ее продукции. Семь дополнительных кнопок, *HAT,* движок управления тягой, руль направления — таково оснащение нового джойстика. Массивная подставка придает устойчивости джойстику и позволяет выполнять «силовые маневры» в авиационных имитаторах.

Джойстики Microsoft

Характерная черта джойстиков *Microsoft SideWinder* заключается в использовании вместо аналоговых резисторов оптико-цифровых устройств, которые не имеют движущихся частей и поэтому не изнашиваются, более точно отслеживают отклонения ручки и свободны от паразитных шумов. Другой отличительной особенностью является имитация руля направления путем поворота ручки вокруг вертикальной оси. С одной стороны, это позволяет отказаться от дополнительной рукоятки или педалей, с другой стороны — приходится оттачивать движения рукой в непривычном направлении, что при активном маневрировании представляет некоторую сложность.

Самая простая модель имеет единственную кнопку и курок, а также рукоятку «газа». Более продвинутый вариант называется *3D PRO.* Имеет 7 кнопок и курок, которые программируются. Один 8-позиционный *HAT* расположен сверху рукоятки. Форма ручки простая и не очень эргономичная, для людей с большой ладонью ручка явно мала. Напротив, рукоятка тяги расположена удачно. К тому же предусмотрена возможность одновременного нажатия нескольких кнопок. Дальнейшее развитие этой модели называется *Precision Pro* (иногда встречается под именем *3D Pro Plus).* Изменена форма рукоятки на более эргономичную. Остальное практически осталось без изменений. От пользователей иногда поступают жалобы на «белое пятно» (дефект потери управляемости) в районе центра.

Самый дорогой вариант выпускается с механизмом *Force Feedback* — то есть «ручка с обратной связью». Несмотря на все прелести игры с ощущением сопротивления среды, замечены проблемы, связанные с настройкой параметров порта. Конфликты по прерываниям, *DMA* и адресам со звуковой картой или другим устройством выражаются в самопроизвольных срабатываниях кнопок, неожиданных сильных рывках ручки, иногда джойстик самостоятельно выключается в процессе игры. Поэтому такие сложные вещицы лучше покупать сразу с разъемом под интерфейс *USB.*

Джойстики QuickShot

Серия *GenX (Generation eXtreme)* состоит на самом деле всего из двух моделей — *GenX 700* и *GenX 500.* Просто под маркой *GenX 500* выпускают три варианта: обычный, с интерфейсом Game-порта, модель *500L* для левшей и джойстик с интерфейсом *USB.* Все модели имеют ручку, обеспечивающую дополнительную степень свободы — вращательное движение

в горизонтальной плоскости. Удобство такого решения — дело вкуса, при достаточном навыке доворот получается довольно точно. Джойстик *GenX 500* имеет 4 кнопки на ручке управления, четырехпозиционный *HAT,* движок управления тягой. Модель *GenX 700* оснащена рукояткой управления тягой, тремя кнопками выбора режимов работы устройства: для *HAT* (цифровой/аналоговый), для руля направления (цифровой/аналоговый) и *Full Digital,* то есть полностью цифровой режим.

Рукоятка удобная, пружины чуть жестковаты, особенно для ребенка. Очень удачно расположены дополнительные кнопки и *HAT* — положение запоминается с первого раза. Движок управления тягой не слишком большой и катается как по маслу, поэтому в пылу боя его легко сдвинуть в крайние положения.

Джойстики CH Products

Force *FX* — пионер в классе джойстиков с обратной связью. Как и большинство новых продуктов, они страдают «детскими болезнями». Алгоритм обратной связи основан на программном интерфейсе *Immersion's 1.0 force-feedback.* В первой версии наблюдались немотивированные рывки или вообще отключение джойстика. Во второй, исправленной версии добавлено несколько полезных настроек. Модель *Force FX* может подключаться к педалям и отдельному дросселю, что позволяет создавать на ее основе полноценный комплект для авиационных имитаторов.

F-16 Jane's Combat Stick в различных модификациях является одним из лучших устройств управления для авиасимуляторов. Изделия фирмы отличает чуткая реакция на самые тонкие движения. Рукоятка управления представляет собой уменьшенную копию образца с настоящего самолета. Поэтому органы управления практически не отличаются от подобной модели фирмы *Thrustmaster:* два переключателя *HAT,* четыре дополнительных кнопки, кнопка «Пуск/Огонь», ползунок управления тягой. Джойстик отличается глубоким ходом по всем координатам, очень точной настройкой положения центра. Основание тяжелое, устойчивое. Изделие крепкое, допускает большие усилия. В целом можно рекомендовать любителям точных и легких в управлении джойстиков.

Джойстики Saitek

Фирма *Saitek* появилась на российском рынке совсем недавно. Изделие *X45* включает отдельное устройство управления двигателем *{throttle-control)* и джойстик, который внешним видом больше напоминает рукоятку управления какого-то фантастического звездолета. Джойстик подключается к порту клавиатуры «на проходе», так как перехватывает ее функции и перераспределяет сочетания «горячих клавиш» на свои кнопки управления. Для программирования назначения кнопок предназначе-

на специальная утилита. Джойстик обладает стандартным на сегодняшний день набором элементов управления: курок, переключатели *HAT,* кнопки, движки для контроля руля направления. По ощущениям, ходы рукоятки довольно короткие, центрирование четко не фиксируется, реакция, пожалуй, слишком чувствительная, сопротивление мягкое.



Джойстик Saitek X52

В настоящее время модель *X52* сменила *X45* в производственной гамме фирмы. Джойстик *X52* получил ЖК-дисплей на устройстве управления тягой, а также приобрел новый дизайн, выполненный в «цифровом» стиле. По функциональном возможностям он не отличается от *X45*, в частности, сохранена возможность программирования клавиш, кнопок, переключателей с сохранением профиля для отдельных игр и каждого пользователя.

Одна из популярных моделей фирмы *Saitek* называется *Cyborg 3D.* По многочисленным отзывам, это уникальная модель по дизайну, эргономике и характеристикам. Считается, что за такими джойстиками — будущее устройств управления симуляторами. Вариант *Saitek Cyborg 3D USB* действительно поражает воображение. Во-первых, великолепная механика соответствует самым высоким требованиям. Джойстик без труда настраивается на любое усилие, основание металлическое, прочное и надежное, все кнопки, рукоятки, переключатели выполнены изящно и очень прочно. Во-вторых, благодаря интерфейсу *USB* возможности настройки функций поистине безграничны и в то же время чрезвычайно просты. В-третьих, джойстик легко перестраивается для левшей простой перестановкой органов управления. Наконец, предусмотрено управление мультимедийными функциями компьютера, что особенно важно для современных многопользовательских игр, а также при речевом вводе команд управления, что также является отличительной особенностью передовых технологий интерфейса пользователя.

Компьютерные сети

- Сети Ethernet
- Сети Wi-Fi
- Технологии доступа в Интернет

С тех пор как количество персональных компьютеров в мире превысило одну штуку, встал вопрос о взаимодействии этих полезных устройств друг с другом. Сначала компьютеры общались через последовательные порты *COM,* соединенные особым кабелем. Затем появились технологии, позволившие объединять компьютеры в сети, сначала в масштабах офиса (локальные сети), а потом и в масштабах планеты (глобальная сеть Интернет). Сегодня компьютер, не имеющий подключения к той или иной сети, выглядит сиротой, обделенной многими радостями жизни. По нынешним меркам, компьютер должен быть членом (абонентом) хотя бы одной из сетей:

- домашней (в пределах квартиры или частного дома) или офисной локальной сети;
- домовой (в пределах многоквартирного дома или жилого микрорайона);
- сети крупного оператора, как правило, в пределах населенного пункта или нескольких жилых массивов;
- Интернет.

Стало общим правилом, что локальные сети должны предоставлять своим абонентам платный или бесплатный доступ в сеть Интернет и бесплатный трафик внутри сети. Объединение компьютеров в сеть возможно на основе, по меньшей мере, десятка различных технических решений. Однако не будет преувеличением утверждать, что в небольших локальных сетях на 99% доминируют технологии *Ethernet* и *Wi-Fi (802.11).*

Для прямого доступа в глобальную сеть Интернет (компьютер — Интернет) также используется несколько технологий. В российских условиях получили распространение коммутируемый доступ по телефонным линиям общего пользования *(Dial-Up),* цифровой канал *ADSL* на телефонной линии, цифровой канал *GPRS* в сетях сотовых операторов связи.

Можно ожидать, что с развитием технологии *WiMAX* (802.16) приобретет популярность доступ в Интернет по беспроводным каналам, решающим проблему «последней мили».

Сети Ethernet

Официальным днем рождения *Ethernet* считается 22 мая 1973 г., когда Р. Меткалф и Д. Боггс опубликовали описание экспериментальной сети, построенной в Исследовательском центре фирмы *Xerox* в Пало-Альто и получившей название *Ethernet.* Сеть была построена на коаксиальном кабеле и обеспечивала скорость передачи данных 2,94 Мбит/с. В 1976 г. те же авторы выпустили совместный труд «Ethernet: распределенная пакетная коммутация для локальных компьютерных сетей». В 1979 г. компаниями *Digital, Intel* и *Xerox* создается консорциум *DIX* с задачей создания технологий для локальной сети со скоростью передачи данных 10 Мбит/с. В 1980 г. в *IEEE* была сформирована группа 802 для работы над проектом *Ethernet,* которая в июне 1983 г. утвердила стандарты *Ethernet 802.3* и *Ethernet 10Base5.* В качестве среды передачи предусматривался коаксиальный кабель, а каждый узел сети подключался с помощью отдельного трансивера. Дешевой альтернативой стал стандарт *10Base2,* не требовавший отдельных трансиверов. Следующим шагом развития *Ethernet* стала разработка в 1990 г. стандарта *10Base-T,* предусматривавшего в качестве среды передачи неэкранированную витую пару *(Unshielded Twisted Pair — UTP).* В архитектуре *10Base-T* использовалась топология «звезда», когда каждая станция соединялась с центральным концентратором *(Hub).*

Модель OSI

Теоретической основой всех компьютерных сетей, и *Ethernet* в частности, служит модель *OSI (Open System Interconnect* — взаимодействие открытых систем), разработанная как описание структуры идеальной сетевой архитектуры. В модели предусмотрено семь уровней взаимодействия элементов в процессе обмена информацией между устройствами в сети. Каждый из уровней сети относительно автономен и рассматривается отдельно. Модель *OSI* используется для определения функций каждого уровня.

1. На физическом уровне *(Physical Layer)* определяются электротехнические, механические, процедурные и функциональные характеристики активации, поддержания и дезактивации физического канала связи между системами. Спецификации физического уровня определяют уровни напряжений, синхронизацию изменения напряжений, скорость передачи физической информации, максимальные расстояния передачи, требования к среде передачи, физические соединители и другие аналогичные параметры.

2. На канальном уровне *(Data Link)* обеспечивается транзит данных через физический канал. Выполняя эту задачу, компоненты канального уровня решают вопросы физической адресации, топологии сети, арбитража, уведомления о неисправностях, упорядоченной доставки блоков данных и управления потоком информации. Обычно этот уровень разбивается на два подуровня: *LLC (Logical Link Control),* осуществляющего проверку на ошибки, и *MAC (Media Access Control),* отвечающего за физическую адресацию и прием/передачу пакетов на физическом уровне.
3. На сетевом уровне обеспечивается соединение и выбор маршрута между двумя конечными системами, подключенными к разным сегментам сети, которые могут находиться в разных территориальных пунктах. Сетевой уровень отвечает за выбор оптимального маршрута между станциями, которые могут быть разделены множеством сегментов.
4. На транспортном уровне находятся компоненты, отвечающие за транспортировку данных. Транспортный уровень обеспечивает механизмы для установки, поддержания и упорядоченного завершения действия виртуальных каналов, систем обнаружения и устранения неисправностей транспортировки и управления информационным потоком.
5. На сеансовом уровне устанавливаются, поддерживаются и завершаются сеансы взаимодействия между прикладными задачами. Сеансы состоят из диалога между двумя или более объектами представления. Сеансовый уровень синхронизирует диалог между объектами представительного уровня и управляет обменом информации между ними. Этот уровень предоставляет средства для отправки информации, услуг и уведомления в исключительных ситуациях о проблемах сеансового и более высоких уровней.
6. На уровне представления компоненты отвечают за то, чтобы информация, посылаемая из прикладного уровня одной системы, была читаемой для прикладного уровня другой системы. При этом представительный уровень осуществляет трансляцию между форматами представления информации. При необходимости трансформации подвергаются не только фактические данные, но и структуры данных, используемые программами.
7. На прикладном уровне происходит выполнение пользовательских задач, то есть компоненты идентифицируют и устанавливают наличие предполагаемых партнеров для связи, синхронизируют совместно работающие прикладные программы, устанавливают соглашение по процедурам устранения ошибок и управления целостностью информации, а также определяют, достаточно ли ресурсов для предполагаемой связи.

Метод доступа и кадры для сетей Ethernet

На логическом уровне в *Ethernet* применяется топология шина: все устройства, подключенные к сегменту сети, равноправны, то есть любая станция может начать передачу в любой момент времени, если передающая среда свободна. Все данные в сети передаются блоками (кадрами). Кадр, передаваемый одной станцией, одновременно анализируется всеми остальными станциями сегмента.

Существует четыре основные разновидности кадров *Ethernet,* которые содержат следующие общие обязательные поля:

- преамбула (Р) представляет собой семибайтовую последовательность единиц и нулей и предназначена для синхронизации приемной и передающей станций;
- признак начала кадра *SFD (Start Frame Delimiter);*
- адреса получателя и отправителя *DA (Destination Address), SA (Source Address).* Представляют собой физические адреса сетевых адаптеров *Ethernet* и являются уникальными;
- контрольная сумма всех полей кадра (за исключением полей преамбулы, признака начала кадра и самой контрольной суммы) *FCS (Frame Check Sequence).*

Остальные поля являются специфичными для каждого типа кадра:

- *Ethernet II* содержит дополнительное поле *Type,* определяющее тип протокола сетевого уровня;
- *Ethernet 802.3* содержит дополнительное поле *Length,* определяющее длину передаваемого пакета;
- *Ethernet 802.2* содержит дополнительные поля *Length, DSAP (Destination Service Access Point)* для типа протокола сетевого уровня станции-получателя, *SSAP (Source Service Access Point)* для типа протокола сетевого уровня станции-отправителя, *Control* для номера сегмента;
- *Ethernet SNAP* содержит дополнительные поля *OUI (Organizational Unit Identifier)* и ID, которые определяют тип протокола верхнего уровня *SNAP Protocol ID.*

Каждая станция начинает принимать кадр с преамбулы *Р.* Затем сравнивает значение адреса *DA* со своим адресом. Если адреса одинаковы, или пришел широковещательный кадр, или задана специальная программа обработки, то кадр копируется в буфер станции. Если нет, то кадр игнорируется.

С принятием спецификации *IEEE 802.1p* в сетях *Ethernet* появилась возможность определения восьми уровней приоритета кадра на основе использовании новых полей, определенных в стандарте *IEEE 802.1Q.*

Стандарты *Ethernet* поддерживают метод множественного доступа с контролем несущей и обнаружением коллизий *CSMA/CD (Carrier*

Sense Multiple Access/Collision Detection) при скорости передачи по шине 10 Мбит/с или 100 Мбит/с. Обмен данными происходит следующим образом. Станция проверяет состояние среды передачи данных (шины). Если среда занята, то станция ожидает освобождения среды. Если среда свободна, то станция начинает передавать кадр данных, одновременно контролируя состояние среды (несущую частоту *f1)*. В том случае, когда за время передачи кадра станция не обнаружила состояние коллизии в сети (частота *f1* не изменилась), считается, что данные переданы успешно.

Если при передаче кадра произошла коллизия (несущая частота изменилась), то станция прекращает передавать данные и выдает специальную последовательность из 32 битов, которая позволяет всем станциям определить, что произошла коллизия. Затем станция переходит в состояние ожидания на небольшой случайный промежуток времени, по окончании которого она, проверив среду, пытается еще раз передать по сети свой кадр. Если за 16 попыток станции не удается передать свои данные, то считается, что среда недоступна.

При загрузке сети уже на уровне 30% становятся ощутимыми задержки при работе станций с сетевыми ресурсами, а дальнейшее увеличение нагрузки вызывает сообщения о недоступности сетевых ресурсов. Причиной этого являются коллизии, возникающие между станциями, начавшими передачу одновременно или почти одновременно. При возникновении коллизии, передаваемые данные не доходят до получателей, а передающим станциям приходится возобновлять передачу. В классическом *Ethernet* все станции в сети образовывали домен коллизий (collision domain). При этом одновременная передача любой пары станций приводила к возникновению коллизии.

Применение коммутаторов позволяет преодолеть эти ограничения, разбивая сеть на несколько доменов. Передача пакетов от порта-источника в порт-получатель в коммутаторе происходит либо на лету *(cut-though),* либо с полной буферизацией пакетов *(store-and-forward).* При использовании обмена методом «на лету» передача порту-получателю начинается еще до окончания приема пакета с порта-источника, используя адрес получателя из заголовка пакета. Такой способ сокращает задержки передачи при небольшой загрузке сети, однако ему присущи и недостатки — в этом случае невозможна предварительная обработка пакетов, позволяющая отбрасывать плохие пакеты без передачи их получателю.

Технология коммутации позволяет строить сети с большим количеством станций, при этом доля широковещательного *(broadcast)* трафика достигает существенных значений. При необходимости ограничить доступ станций к сетевым ресурсам применяется технология виртуальных локальных сетей *(VLAN).* Виртуальную локальную сеть (ВЛС) образует группа узлов сети, трафик которой, в том числе и широковещательный, на канальном уровне полностью изолирован от узлов, входящих в дру-

гие ВЛС. Передача кадров между разными ВЛС на основании адреса канального уровня невозможна, независимо от типа адреса — уникального, группового или широковещательного. В настоящее время действует спецификация на ВЛС *IEEE 802.1Q*.

Для передачи информации между разными ВЛС необходимо задействовать сетевой уровень протокола. Соответствующие средства могут представлять собой либо отдельный маршрутизатор, либо входить в состав аппаратно-программного обеспечения коммутатора.

Кабели и коннекторы

Типовой физической средой передачи данных в сети *Ethernet* служат кабели и провода. Кабель отличается от провода наличием внешнего изоляционного чулка *(Jacket)*. Этот чулок главным образом защищает провода (элементы кабеля) от механических воздействий и влаги. Кабели и провода маркируются в соответствии со стандартом *AWG (American Wire Gauge* — американскиие калибры проводов). В основном применяются проводники *26 AWG, 24 AWG* и *22 AWG*. Категория *(Category)* витой пары определяет частотный диапазон, в котором ее применение эффективно. В настоящее время действуют стандартные определения пяти категорий кабеля, однако уже выпускаются кабели категорий 6 и 7.

Таблица 17. Классификация кабелей на витой паре

Полоса частот, МГц	Категория	Класс
до 0,1	1	A
до 1	2	B
до 16	3	C
до 20	4	
до 100	5	D
до 200	6	E
до 600	7	F

Витая пара может быть как экранированной *(Shielded)*, так и неэкранированной *(Unshielded)*. Неэкранированная витая пара больше известна по аббревиатуре *UTP (Unshielded Twisted Pair)*. Экранированная витая пара *STP (Shielded Twisted Pair)* имеет множество разновидностей, из которых наиболее распространены следующие:

- *STP* с обозначением вида *«Type xx»* представляет собой классическую витую пару. Каждая пара проводников этого кабеля заключена в отдельный экран из фольги, обе пары заключены в общий плетеный проволочный экран, снаружи все покрыто изоляционным чулком, импеданс — 150 Ом;

- *STP* категории 5 — общее название для кабеля с импедансом 100 Ом, экран может иметь различное исполнение;
- *ScTP (Screened Twisted Pair)* — кабель, в котором каждая пара заключена в отдельный экран;
- *FTP (Foilled Twisted Pair)* — кабель, в котором витые пары заключены в общий экран из фольги;
- *PiMF (Pair in Metal Foil)* — кабель, в котором каждая пара завернута в полоску металлической фольги, а все пары находятся в общем экранирующем чулке.

Экранированный кабель заметно дороже неэкранированного, но при заземлении экрана обеспечивает лучшую электромагнитную совместимость кабельной системы с остальными компонентами сети.

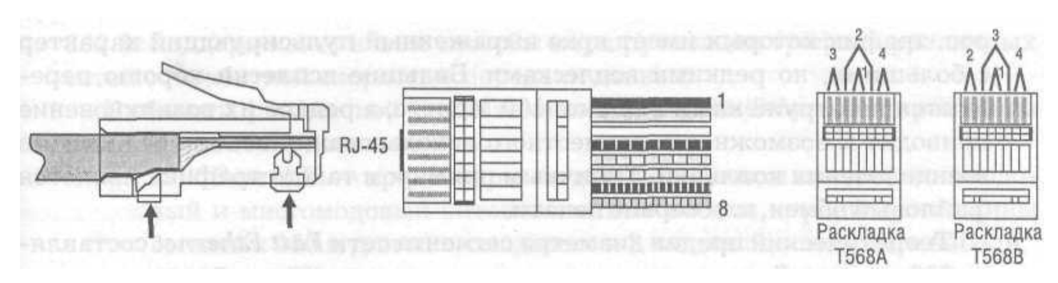
Кабели чаще всего бывают круглыми. Существуют и плоские кабели, используемые в телефонии для подключения оконечного оборудования, но в них пары проводов обычно не скручены, так что высокие рабочие частоты для них не реализуемы. Существуют и специальные плоские кабели для прокладки коммуникаций под ковровыми покрытиями *(Undercarpet Cable),* среди которых есть и кабели категорий 3 и 5.

Таблица 18. Кабели, используемые в сети Ethernet

Тип сегмента	Максимальная длина, м	Максимальное число станций	Кабель
10Base-2	185	30	Коаксиальный RG-58 с разъемами BNC
10Base-5	500	1024	Коаксиальный с N-разъемами
10Base-T	100	1024	UTP категории 3 или выше
10Base-FB	2000	1024	Оптический кабель
100Base-TX	100	1024	UTP категории 5 или STP
100Base-T4	100	1024	UTP категории 3 или выше
100Base-FX	400	1024	Многомодовыйоптический кабель

Кабели (и провода) соединяются между собой с помощью коннекторов. Коннектор обеспечивает механическую фиксацию и электрический контакт. Как и кабели, они классифицируются по категориям, определяющим диапазон рабочих частот.

Для подключения стационарных кабелей широко используются коннекторы серии *S110.* Эти коннекторы имеют ножевые контакты с прорезью, в которую с помощью специального ударного инструмента *(Impact Tool),* заделываются проводники без предварительного снятия изоляции.



Коннектор RJ-45 и способы раскладки контактов

Коннекторы устанавливаются на модульных розетках, а также на коммутационных (патч-) и кросс-панелях.

Для витой пары применяют модульные разъемы *(Modular Jack),* широко известные под названием *RJ-45:* розетки *(Outlet, Jack)* и вилки *(Plug).* Розетки категории 5 отличаются от розеток категории 3 способом присоединения проводов: в категории 5 допустим только зажим провода ножевым разъемом (типа *S110),* в категории 3 иногда применяют зажим провода под винт. Кроме того, на плате розетки категории 5 имеются согласующие элементы с нормированными параметрами, выполненные печатным способом. Для экранированной проводки розетки и вилки должны иметь экраны, сплошные или же только обеспечивающие соединение экранов кабелей.

Спецификации Fast Ethernet

В 1995 г. комитет *IEEE* принял спецификацию *Fast Ethernet* в качестве стандарта и технологии присвоили наименование *802.3u.* Общий метод доступа *CSMA/CD* позволяет использовать в сетевых адаптерах *Fast Ethernet* большинство компонентов адаптеров *Ethernet.* Драйверы содержат большую часть кода для адаптеров *Ethernet,* а отличия вызваны новым методом кодирования данных на линии и наличием полнодуплексной версии протокола. Формат кадра остался прежним, что дает возможность анализаторам протоколов применять к сегментам *Fast Ethernet* те же методы анализа, что и для сегментов *Ethernet.*

Отличия *Fast Ethernet* от *Ethernet* сосредоточены в основном на физическом уровне. Существует три варианта физического уровня *Fast Ethernet:*

- *100Base-TX* для двухпарного кабеля на неэкранированной витой паре *UTP Category* 5 (или экранированной витой паре *STP Typel);*
- *100Base-T4* для четырехпарного кабеля на неэкранированной витой паре *UTP Category 3,4,5;*
- *100Base-FX* для многомодового оптоволоконного кабеля.

Преимущественная область применения разделяемых сегментов *Fast Ethernet* достаточно ясна: соединение близко расположенных компьюте-

ров, трафик которых имеет ярко выраженный пульсирующий характер с большими, но редкими всплесками. Большие всплески хорошо передаются незагруженным каналом 100 Мбит/с, а редкое их возникновение приводит к возможности совместного использования канала без частого возникновения коллизий. Типичным примером такого трафика является файловый обмен, или сервис печати.

Теоретический предел диаметра сегмента сети *Fast Ethernet* составляет 250 метров. Данное ограничение проистекает из характера протокола *CSMA/CD* и скорости передачи 100 Мбит/с. Кроме кабелей, для установки *Fast Ethernet* потребуются сетевые адаптеры для рабочих станций и серверов, концентраторы или коммутаторы *100BaseT.* Адаптеры, необходимые для организации сети *100BaseT,* носят название адаптеров *Ethernet 10/100* Мбит/с. Данные адаптеры способны самостоятельно отличать 10 Мбит/с от 100 Мбит/с. Чтобы обслуживать группу серверов и рабочих станций, переведенных на *100BaseT,* потребуется также концентратор *100BaseT.*

При включении сервера или персонального компьютера с адаптером 10/100 последний выдает сигнал, оповещающий о том, что он может обеспечить пропускную способность 100 Мбит/с. Если принимающая станция (скорее всего, это будет концентратор) тоже рассчитана на работу с *100BaseT,* она в ответ выдаст сигнал, по которому и концентратор, и ПК или сервер автоматически переходят в режим *100BaseT.* Если концентратор работает только с *10BaseT,* он не подает ответный сигнал, и ПК или сервер автоматически перейдут в режим *10BaseT.*

Спецификации Gigabit Ethernet

В сентябре 1998 г. американский Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике *(IEEE)* одобрил спецификацию *802.3z Gigabit Ethernet.* Несложная модернизация каналов Fast *Ethernet* с пропускной способностью 100 Мбит/с позволяет передавать трафик на скорости 1 Гбит/с, а *Ethernet*-каналы для подключения настольных ПК с пропускной способностью 10 Мбит/с превращаются в *Fast Ethernet* (100 Мбит/с).

Технология *Gigabit Ethernet* использует те же размеры и формат кадра, что и предыдущие спецификации *Ethernet.* Кроме того, многие приложения, инструменты управления, процедуры настройки, уже применяемые в сетях *Ethernet,* не претерпели каких-либо изменений.

Технология *Gigabit Ethernet* объединяет полнодуплексное управление доступом к среде и классический метод множественного доступа с контролем несущей и обнаружением конфликтов *(CSMA/CD MAC).* Стандарт *Gigabit Ethernet* заимствует ряд технологических решений из стандарта для волоконно-оптического канала *Fiber Channel,* используя, по существу, тот же набор кодов. Наряду с расширением полосы пропускания стандарт

802.3z поддерживает новые способы маршрутизации трафика различных сетей с гигабитной скоростью передачи данных.

В области физической среды технология *Gigabit Ethernet* опирается на новые типы оборудования:

- *1000Base-LX* — трансиверы на длинноволновом лазере, одномодовый и многомодовый оптоволоконные кабели, ограничение длины сегмента 550 м для многомодового и 3 км для одномодового кабеля;
- *1000Base-SX* — трансиверы на коротковолновом лазере, многомодовый оптический кабель, ограничение длины сегмента 300 м для кабеля с диаметром оптического проводника 62,5 мкм и 550 м для кабеля с диаметром проводника 50 мкм;
- *1000Base-CX* — экранированная витая пара, ограничение длины сегмента 25 м;
- *1000Base-T* — неэкранированная витая пара, ограничение длины сегмента 100 м.

Сети Wi-Fi

Разработка технологий локальных беспроводных сетей, известных под названием *Wi-Fi (Wireless Fidelity),* началась в конце 1980-х годов. В 1997 г. была утверждена базовая спецификация *IEEE 802.11,* определяющая протоколы, необходимые для организации беспроводных локальных сетей *(WLAN).* Основные из них — протокол управления доступом к среде *MAC (Medium Accsess Control)* и протокол *PHY* передачи сигналов в физической среде. В качестве физической среды используется радиочастотный или инфракрасный диапазоны.

Подуровень *MAC* взаимодействует с тремя типами протоколов физического уровня, соответствующих различным технологиям передачи сигналов: широкополосной модуляции с прямым расширением спектра *(DSSS),* переключение частоты *(FHSS),* а также с помощью инфракрасного излучения. По сравнению с сетями *Ethernet* возможности подуровня *MAC* расширены за счет включения в него ряда функций, обычно выполняемых протоколами более высокого уровня, в частности, процедуры фрагментации и ретрансляции пакетов.

В качестве основного метода доступа к среде стандартом *802.11* определен механизм *CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).* Для экономии энергоресурсов мобильных компьютеров предусмотрен механизм переключения станций в так называемый пассивный режим с минимальным потреблением мощности.

В основе сети *802.11* лежит сотовая архитектура, причем сеть может состоять из нескольких ячеек. Каждая сота управляется базовой станцией, называемой точкой доступа *(Access Point, AP),* которая вместе с на-

ходящимися в пределах радиуса ее действия станциями пользователей (адаптерами) образует базовую зону обслуживания *(Basic Service Set, BSS).* Точки доступа многосотовой сети взаимодействуют между собой через систему распределения *(Distribution System, DS),* представляющую собой эквивалент магистрального сегмента локальных сетей *Ethernet.* Вся инфраструктура, включающая точки доступа и систему распределения, образует расширенную зону обслуживания *(Extended Service Set).* Стандартом предусмотрен вариант беспроводной сети из одной соты, который может быть реализован без точки доступа, при этом часть ее функций выполняются адаптерами станций.

Для обеспечения перехода мобильных рабочих станций из зоны действия одной точки доступа к другой предусмотрены специальные процедуры сканирования (активного и пассивного прослушивания эфира) и присоединения *(Association),* однако строгих спецификаций по реализации роуминга стандарт *802.11* не предусматривает.

Для защиты соединений *WLAN* стандартом *IEEE 802.11* предусмотрен целый комплекс мер безопасности передачи данных под общим названием *Wired Equivalent Privacy (WEP).* Он включает средства противодействия несанкционированному доступу к сети (механизмы и процедуры аутентификации), а также предотвращение перехвата информации (шифрование).

Спецификация *IEEE 802.11a* относится к широкополосному варианту семейства стандартов *802.11,* предусматривая скорость передачи данных до 54 Мбит/с. В отличие от базового стандарта, определяющего область частот 2,4 ГГц, спецификациями *802.11a* предусмотрена работа в диапазоне 5 ГГц. В качестве метода модуляции сигнала выбрано ортогональное частотное мультиплексирование *(OFDM).* Главное различие между этим методом и технологиями *DSSS* и *FHSS* заключается в том, что *OFDM* предполагает параллельную передачу полезного сигнала одновременно по нескольким частотам диапазона, в то время как технологии расширения спектра передают сигналы последовательно. В результате повышается пропускная способность канала и качество сигнала. Однако использование диапазона 5 ГГц обусловливает более высокую потребляемую мощность радиопередатчиков, а также меньший радиус действия (около 100 м).

Спецификация *IEEE 802.11b,* утвержденная в 1999 г., предназначена для диапазона 2,4 ГГц и обеспечивает скорость передачи данных до 11 Мбит/с при радиусе действия до 300 метров. В качестве базовой технологии используется метод *DSSS* с 8-разрядными последовательностями Уолша. Спецификацией *802.11b* предусмотрено автоматическое понижение скорости при ухудшении качества сигнала.

Спецификации *802.11g* представляют собой развитие стандарта *802.11b* и позволяют повысить скорость передачи данных в беспроводных локальных сетях до 22 Мбит/с за счет использования более эффективной модуляции сигнала методом *OFMD.* Спецификация *802.11g* обеспечивает обратную совместимость с *802.11b.*

Физический уровень протокола 802.11

В основе всех беспроводных протоколов семейства *802.11* лежит технология расширения спектра *(Spread Spectrum, SS).* Данная технология подразумевает, что первоначально узкополосный информационный сигнал при передаче преобразуется таким образом, что его спектр оказывается значительно шире. То есть спектр сигнала как бы «размазывается» по частотному диапазону. Одновременно с уширением спектра происходит и перераспределение спектральной энергетической плотности сигнала — энергия также «размазывается» по спектру.

В результате максимальная мощность преобразованного сигнала оказывается значительно ниже мощности исходного сигнала. При этом уровень полезного информационного сигнала в буквальном смысле почти сравнивается с уровнем естественного шума. Собственно, именно в изменении спектральной энергетической плотности сигнала заключается идея уширения спектра. Дело в том, что в ограниченном радиодиапазоне, предназначенном для совместного использования, невозможно разместить всех абонентов. Именно эту проблему решает технология уширения спектра методом прямой последовательности *(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS).*

При энергетическом кодировании информационные биты передаются прямоугольными импульсами напряжений. Прямоугольный импульс имеет спектр, ширина которого обратно пропорциональна длительности импульса. Поэтому чем меньше длительность информационного бита, тем больший спектр занимает такой сигнал.

Для преднамеренного уширения спектра в технологии *DSSS* в каждый передаваемый информационный бит (логический 0 или 1) встраивается последовательность так называемых чипов, прямоугольных импульсов с длительностью в несколько раз меньше длительности информационного бита. Поскольку длительность одного чипа в n раз меньше длительности информационного бита, то и ширина спектра преобразованного сигнала будет в n раз больше ширины спектра первоначального сигнала. При этом и амплитуда передаваемого сигнала уменьшится в n раз. Чиповые последовательности, встраиваемые в информационные биты, называют шумоподобнымикодами(*PN*-последовательности).

Если подобрать такую чиповую последовательность, для которой функция автокорреляции будет иметь резко выраженный пик лишь для одного момента времени, то такой информационный сигнал возможно выделить на уровне шума. Для этого в приемнике полученный сигнал умножается на ту же чиповую последовательность, то есть вычисляется автокорреляционная функция сигнала. В результате сигнал вновь становится узкополосным, поэтому его фильтруют в узкой полосе частот, и любая помеха, попадающая в полосу исходного широкополосного сигнала, после умножения на чиповую последовательность, наоборот, становится широкополосной и обрезается фильтрами, а в узкую информационную полосу попадает лишь часть помехи, по мощности значительно меньшая, чем помеха, действующая на входе приемника.

Чиповые последовательности, отвечающие указанным требованиям автокорреляции, построены на основе кодов Баркера, обладающих наилучшими среди известных псевдослучайных последовательностей свойствами шумоподобности. В протоколах семейства *802.11* используется код Баркера длиной в 11 чипов (11100010010). Логическая единица передается прямой последовательностью Баркера, а логический нуль — инверсной последовательностью.

Протокол *IEEE 802.11b* для работы на скоростях 5,5 и 11 Мбит/с использует так называемые комплементарные коды *(Complementary Code Keying, CCK)*. Комплементарные коды обладают тем свойством, что сумма их автокорреляционных функций для любого циклического сдвига, отличного от нуля, всегда равна нулю. В спецификации *IEEE 802.11b* речь идет о комплексных комплементарных 8-чиповых последовательностях, определенных на множестве комплексных элементов. Использование CCK-кодов позволяет кодировать 8 бит на один символ при скорости 11 Мбит/с и 4 бит на символ при скорости 5,5 Мбит/с. Ширина спектра сигнала в обоих случаях составляет 22 МГц.

Стандарт *IEEE 802.11g* является логическим развитием стандарта *802.11b* и предполагает передачу данных в том же частотном диапазоне, но с более высокими скоростями (до 54 Мбит/с). В качестве базовых применяются технологии *OFDM* и *CCK,* а опционально предусмотрено использование технологии *PBCC* (двоичного сверточного кодирования).

Ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием *(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)* заключается в том, что поток передаваемых данных распределяется по множеству частотных подканалов и передача ведется параллельно на всех этих подканалах. При этом высокая скорость передачи достигается именно за счет одновременной передачи данных по всем каналам, а скорость передачи в отдельном подканале может быть и невысокой.

При частотном разделении каналов необходимо, чтобы ширина отдельного канала была, с одной стороны, достаточно узкой для минимизации ис-

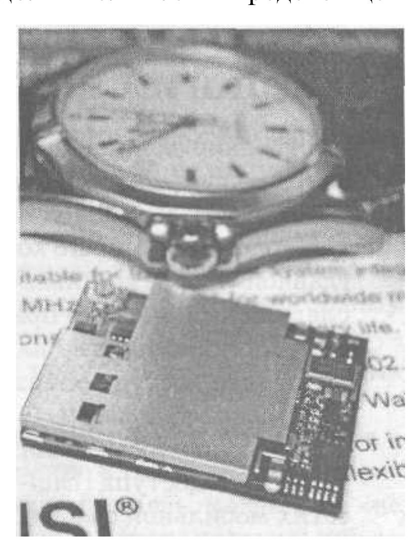
кажения сигнала в пределах отдельного канала, а с другой — достаточно широкой для обеспечения требуемой скорости передачи. Кроме того, для экономного использования всей полосы канала, разделяемого на подканалы, желательно как можно более плотно расположить частотные подканалы, но при этом избежать межканальной интерференции, чтобы обеспечить полную независимость каналов друг от друга. Частотные каналы, удовлетворяющие перечисленным требованиям, называются ортогональными. Несущие сигналы всех частотных подканалов (а точнее, функции, описывающие эти сигналы) ортогональны друг другу. Ортогональность несущих сигналов гарантирует частотную независимость каналов друг от друга, а следовательно, и отсутствие межканальной интерференции.

В протоколе *802.11b* для модуляции использовалась либо двоичная *(BDPSK),* либо квадратурная *(QDPSK)* относительная фазовая модуляция. В протоколе *802.11g* на низких скоростях передачи также используется фазовая модуляция, а для передачи на более высоких скоростях используется квадратурная амплитудная модуляция *QAM (Quadrature Amplitude Modulation),* при которой информация кодируется за счет изменения фазы и амплитуды сигнала.

Для разрешения коллизий в сети *802.11* используется метод распределенной координации *(DCF).* Каждый узел сети, перед тем как послать данные в эфир, сначала отправляет специальное короткое сообщение *RTS (Ready To Send)* о готовности данного узла к отправке данных. Такое сообщение содержит информацию о продолжительности предстоящей передачи и адресате. Это позволяет другим узлам задержать передачу на время, равное объявленной длительности сообщения.

Приемная станция, получив сигнал *RTS,* отвечает посылкой сигнала *CTS (Clear To Send),* свидетельствующего о готовности станции к приему информации. После этого передающая станция посылает пакет данных, а приемная станция должна передать кадр *ACK,* подтверждающий безошибочный прием.

Механизм распределенной координации *DCF* является базовым для протоколов *802.11.* Однако в сетях с точкой доступа используется метод коллективного доступа, известный как функция централизованной координации *(Point Coordination Function, PCF).* Согласно этому методу точка доступа является центром коорди-



Универсальный модуль с поддержкой технологий Wi-Fi и Bluetooth

нации *(Point Coordinator, PC)*. На центр координации возлагается задача управления коллективным доступом всех остальных узлов сети к среде передачи данных на основе определенного алгоритма опроса или исходя из приоритетов узлов сети. То есть центр координации опрашивает все узлы сети, внесенные в его список, и на основании этого опроса организует передачу данных между всеми узлами сети. Такой подход полностью исключает конкурирующий доступ к среде, как в случае механизма *DCF,* и делает невозможным возникновение коллизий.

Согласно спецификации максимальная скорость, определяемая протоколом *802. 11b,* составляет 11 Мбит/с, а для протокола *802.11g* — 54 Мбит/с. Однако следует четко различать полную скорость передачи и полезную скорость передачи. Дело в том, что технология доступа к среде передачи данных, структура передаваемых кадров, заголовки, прибавляемые к передаваемым кадрам на различных уровнях модели *OSI,* — все это предполагает наличие достаточно большого объема служебной информации. В результате полезная, или реальная, скорость передачи всегда оказывается ниже полной скорости передачи. Более того, реальная скорость передачи зависит и от структуры беспроводной сети. Так, если все клиенты сети используют один и тот же протокол, например *802.11g,* то сеть является гомогенной и скорость передачи данных в такой сети выше, чем в смешанной сети, где имеются клиенты как *802.11g,* так и *802.11b.* В результате использования механизмов защиты в смешанных сетях реальная скорость передачи становится еще меньше.

Технологии доступа в Интернет

Построение домашней локальной сети лишь в последнее время становится актуальной задачей для небольшой части российских пользователей. Более насущной потребностью является доступ к глобальной сети Интернет с домашнего компьютера, не входящего в локальную сеть. Здесь главной проблемой является выбор технологии «последней мили» («последних километров» применительно к нашей действительности). То есть домашний компьютер надо каким-либо способом подключить к ближайшей точке доступа оператора Интернета. Для этого можно использовать несколькотехнологий.

В российских условиях получили распространение технологии коммутируемого доступа *(Dial-Up),* цифрового канала *DSL,* передачи данных в сетях мобильной связи *(GPRS).* Меньшее распространение имеют технологии специальных кабельных сетей *(ISDN, Ethernet)* и выделенного радиоканала (в том числе спутникового).

В последнее время стало возможным подключение по технологиям беспроводных сетей радиодиапазона *Wi-Fi* и *WiMAX.* Широкополосный

доступ (то есть канал с пропускной способностью 1 Мбайт/с и выше) обеспечивают все перечисленные технологии, кроме коммутируемого доступа и *GPRS*. К сожалению, именно последние технологии имеют наибольшее распространение в России. Остается надежда на быстрое внедрение технологий беспроводных сетей типа *WiMAX*.

Коммутируемый доступ

Устройство, предназначенное для обмена информацией между удаленными компьютерами по каналам связи, принято называть модемом (МОдулятор + ДЕМодулятор). Мы подробно остановимся на модемах, предназначенных для подключения к коммутируемым телефонным линиям связи.

Цифровые данные, поступающие в модем из компьютера, преобразуются в нем путем модуляции (по амплитуде, частоте, фазе) в соответствии с избранным стандартом (протоколом) и направляются в телефонную линию. Модем-приемник провайдера, понимающий данный протокол, осуществляет обратное преобразование (демодуляцию) и пересылает восстановленные цифровые данные в свой компьютер. Таким образом, для обеспечения устойчивой связи необходимо, чтобы модем поддерживал общеупотребительный протокол, был подключен непосредственно к компьютеру, а линия связи по своим параметрам могла пропускать модулированные сигналы.

Виды модуляции

Частотная модуляция. Когда нули передаются сигналом одной частоты, а единицы — другой, мы имеем дело с частотной модуляцией (ЧМ). Частотная модуляция реализуется наиболее просто и работает весьма надежно, однако имеет естественный предел, связанный с тем, что полоса пропускания телефонного канала очень мала. Теоретически она составляет всего 4 кГц, но из-за того, что в начале и конце полосы пропускания велики нелинейные искажения, реально доступен диапазон от 300 Гц до 3400 Гц. А это означает, что даже если весь период сигнала отдать одному биту, то скорость передачи не может превысить половины полосы пропускания. Зато на малых скоростях частотная модуляция работает весьма надежно.

Этот вид модуляции был закреплен стандартом *V.21* и применялся в ранних модемах, хотя не забыт и сегодня. Именно в таком режиме современные модемы начинают свою работу. Выходя на связь, модем еще «не знает», какими свойствами обладает его партнер, и двум модемам нужен какой-то переговорный процесс для согласования параметров дальнейшей работы. Поэтому в первый момент модемы обмениваются посылками на низкой скорости, модулированными по частоте.

Амплитудная модуляция. Если нули передаются сигналами одной громкости, а единицы — другой, то это амплитудная модуляция (AM). Технически создать амплитудную модуляцию еще проще, чем частотную, но надежность передачи при этом мала, поэтому амплитудную модуляцию используют весьма ограниченно. В современных модемах ее сочетают с фазовой модуляцией для того, чтобы передать больше информации (более одного бита данных) в одном периоде сигнала.

Фазовая и фазоразностная модуляция. Метод фазовой модуляции (ФМ) основан на том, что если два гармонических (синусоидальных) сигнала имеют сдвиг по фазе, то его можно обнаружить, замерить и использовать для передачи данных. Хотя в телефонных сетях есть устройства, способные исказить фазу сигнала, тем не менее, этот метод модуляции позволяет более уверенно выделять полезные данные на фоне шума, чем амплитудная и частотная модуляция. С помощью фазовой модуляции можно закодировать в одном периоде сигнала несколько бит информации. Например, сдвигу в 0° можно присвоить двухбитное значение 00, сдвигу в 90° — значение 01, сдвигу в 180° — значение 10, а сдвигу в 270° — значение 11.

Сдвиг по фазе для одного сигнала не имеет смысла — обязательно нужна пара сигналов, чтобы было что сравнивать. В модемах замеряется сдвиг по фазе очередного сигнала относительно предыдущего. Таким образом, играет роль не фаза сигнала, а то, какой переход произошел в фазе при приеме очередного сигнала. Если предыдущий сигнал имел фазу 0°, а последующий — фазу 90°, то это аналогично переходу от 180° к 270°, и, соответственно, то же, что переход от 270° к 0°. Поэтому фазовую модуляцию еще очень часто называют фазоразностной модуляцией. Этим подчеркивают, что измеряют не фазу, а разность фаз между двумя последовательными сигналами и по ней определяют, какие были переданы данные.

Амплитудно-фазовая модуляция. Амплитудно-фазовая модуляция — это сочетание двух методов модуляции. Ее цель понятна — создать на фазовой диаграмме как можно больше точек состояния и притом сделать их удаленными друг от друга. Если точки состояния разнести еще и по амплитуде, то возможных значений станет больше. В принципе, можно выделить 16 различных точек состояния и, тем самым, закодировать в одном сигнале квадробит (четыре бита). Однако амплитуда сигнала подвергается в телефонных линиях наибольшим искажениям, и потому ее используют ограниченно.

Решетчатая модуляция. Желание увеличить число точек на диаграмме без применения специальных методов невыполнимо. В качестве такого метода применяют решетчатое кодирование, также называемое треллис-кодированием. Его смысл состоит в следующем. Во-первых, сначала используют заведомо большую, чем нужно, диаграмму состояния, что позволяет передать в одном боде больше бит данных (обычно дополнительно

вводят два бита). В результате точки состояния ложатся так близко друг к другу, что ошибки, казалось бы, неминуемы. Однако не все точки состояния делают разрешенными. Информация о том, какие точки состояния разрешены, и передается в этих дополнительных битах. Принимающий модем определяет амплитуду и фазу принятого сигнала и пытается подобрать к ним наиболее близкую точку состояния. Если она разрешена (а он знает об этом из результатов декодирования предыдущего символа), то все в порядке. Если же она не разрешена, то он понимает, что произошла ошибка, и начинает по специальному алгоритму, который называется алгоритмом Витерби, проверять другие точки состояния. При этом есть большая вероятность, что он найдет именно ту точку, которую нужно. Треллис-кодирование было введено в модемах, работающих по протоколам *V.32* и *V.32 bis.* Оно позволило довести информационную скорость до 14 400 б/с, работая на бодовой скорости 2400 бод.

В модемах *V.34* (28 800 б/с) и *V.34 bis* (33 600 б/с) применено более сложное, четырехмерное треллис-кодирование. На самом деле параметров модуляции остается по-прежнему два: фаза и амплитуда, но на одну диаграмму выносятся фазы и амплитуды от двух последовательно передаваемых символов, и координат становится четыре. При этом математическим преобразованием свертки удается еще дальше разнести друг от друга точки состояния, что позволяет кодировать в одном боде очень длинные битовые группы и достигать при этом высоких информационных скоростей.

Стандарты и протоколы

В мире модемов существует щепетильное отношение к стандартам: ведь модем не может функционировать сам по себе — ему совершенно необходима пара. Только благодаря стандартам один модем может «договориться» с модемом партнерской стороны. Международный союз электросвязи *(ITU)* публикует рекомендации, посвященные передаче данных, в сериях от «A» до «Z». Вопросам компьютерной связи с использованием телефонных сетей посвящена серия «V».

Протоколы, имеющиеся в серии «V», можно условно рассматривать в четырех категориях:

- протоколы взаимодействия;
- протоколы модуляции;
- протоколы коррекции ошибок;
- протоколы сжатия данных.

В протоколах взаимодействия описан порядок взаимодействия модемов между собой. В них указывается, что должен сообщить о себе вызывающий модем и что должен ответить вызываемый модем. Согласно протоколу взаимодействия оба модема вступают в диалог и обмениваются

параметрами, необходимыми, для создания надежного и максимально производительного соединения. Последним вариантом протоколов взаимодействия является *V.8*.

Протоколы модуляции определяют принцип модуляции, используемый модемами в работе. Если более передовой модем сталкивается с устаревшим модемом, то в ходе первичных переговоров он «отступает» к наиболее производительному протоколу, поддерживаемому обеими сторонами. Так же учитываются и параметры конкретной линии связи. Если линия связи вносит значительные амплитудные и/или фазовые искажения в сигнал или имеет значительные помехи, то модемы согласуют такую информационную скорость, на которой они еще могут устойчиво общаться.

К наиболее ранним протоколам модуляции относится протокол *V.21*. Он закрепил требования к модемам, рассчитанным на скорость обмена 300 бит в секунду и использующим частотную модуляцию. Разумеется, ныне он давно устарел, но, как мы говорили выше, используется по сей день в первый момент создания соединения. По этому протоколу модемы «договариваются» о режиме совместной работы.

Протокол *V.21* поддерживает дуплексный режим работы модемов. Это такой режим, при котором модем может одновременно отправлять и принимать данные. В противоположность дуплексным режимам, существуют полудуплексные режимы, при которых модем отправляет и принимает данные по очереди. Разумеется, дуплексный режим производительнее, но с ним связаны некоторые сложности.

Если связь происходит по линии с четырехпроводным окончанием, то исходящий и входящий сигналы почти не мешают друг другу, но четырехпроводные линии — это, как правило, выделенные линии, за которые приходится платить особо.

Большинство пользователей использует обычные двухпроводные линии, в которых исходящий и входящий сигналы могут влиять друг на друга. Сигнал передатчика, проникающий на вход приемника, называют ближним эхом. Есть еще дальнее эхо, когда в приемник поступает сигнал передатчика, отраженный партнерским модемом.

Для борьбы с эхом используют специальные компенсирующие устройства, вычитающие из принимаемого сигнала некоторую величину. Величина компенсации зависит от свойств конкретной линии связи и в разных сеансах может быть разной. Поэтому в самом начале работы модемы отправляют в линию контрольные посылки, с помощью которых проверяют свойства линии и рассчитывают параметры эхогашения. Далее эти параметры учитываются при демодуляции принимаемых сигналов.

Разделение исходящего и входящего сигналов в модемах *V.21* организовано по частотным каналам. В исходящем (для вызывающего модема) канале нули кодируются частотой 1180 Гц, а единицы — частотой 980 Гц.

В то же самое время вызываемый модем «вещает» на более высоких частотах: 1850 Гц (нули) и 1650 Гц (единицы).

Протокол *V.22* ввел принципы фазовой модуляции, что дало возможность поднять производительность модемов до 1200 бит/с. Это дуплексный протокол, то есть модемы во время связи вещают на разных частотных каналах. Вызывающий модем работает на нижнем канале частоты — 1200 Гц, а вызываемый на верхнем — 2400 Гц. Модуляционная скорость по протоколу *V.22* — 600 бод.

Режим модуляции может быть двухпозиционным (две точки состояния с разностью фаз 90° или 270°) или четырехпозиционным (четыре точки состояния с разностью фаз 0°, 90°, 180° или 270°). В первом случае один бод передает один бит, а во втором случае — два. Соответственно, в первом случае информационная скорость 600 бит/с, а во втором— 1200 бит/с. Сначала модемы пытаются «закрепиться» на скорости 1200 бит/с, но если при этом возникает много ошибок, они отступают к скорости 600 бит/с.

Протокол *V.22bis* рассчитан на ту же модуляционную скорость 600 бод и те же частоты верхнего и нижнего каналов (1200 и 2400 Гц), однако в нем использован другой метод модуляции — квадратурная амплитудная модуляция (КАМ), что позволило увеличить количество точек в диаграмме состояния.

У модемов *V.22bis,* как и у модемов *V.22,* два режима работы. В первом случае используется четырехпозиционная модуляция КАМ-4, а во втором случае — шестнадцатипозиционная КАМ-16. В первом случае в одном боде кодируются два бита (информационная скорость 1200 бит/с), а во втором случае — четыре бита (2400 бит/с).

В свое время протоколы *V.22* и *V.22bis* стали большим шагом вперед в компьютерной связи, но у них был и недостаток. Ко времени их внедрения модемы, поддерживающие эти протоколы, были чрезвычайно дороги. Их цена в отдельных случаях превышала 1000$. Поэтому одновременно был внедрен полудуплексный протокол «для бедных» *V.23,* обеспечивающий в одну сторону поток данных 1200 бит/с, а в другую — только 75 бит/с.

К модемам средней производительности относятся аналоговые модемы с информационной скоростью от 4800 до 9600 бит/с. Первым протоколом таких модемов стал протокол *V.32,* внедренный в отрасль во второй половине 80-х годов.

Модемы *V.32* — дуплексные модемы с эхогашением. Оба модема работают на частоте 1800 Гц. Технология модуляции в этих приборах — квадратурно-амплитудная (КАМ-16) или решетчатая *ТСМ-32* (с треллис-кодированием — *Trellis Coded Modulation 32).* Модуляционная скорость —2400 бод. Протокол определяет один режим модуляции для скорости 4800 бит/с и два альтернативных режима для скорости 9600 бит/с. Первый используют на качественных линиях связи с низким уровнем шумов, а второй — на зашумленных линиях.

На скорости 4800 бит/с используется модуляция КАМ-16 с шестнадцатью точками состояния, из которых разрешенными являются только четыре. Поэтому, несмотря на то что каждая точка несет в себе 4 бита, два бита уходят на выбор точки состояния, и информационными остаются только два бита. При модуляционной скорости 2400 бод это дает 4800 бит/с. На скорости 9600 бит/с используются все 16 точек диаграммы состояния, каждая из которых несет в себе информационный квадробит.

Согласно протоколу *V.32,* работа на информационной скорости 9600 бит/с может обеспечиваться альтернативным режимом модуляции с треллис-кодированием, диаграмма состояния которого имеет 32 точки. Поскольку точек состояния 32, то каждая может нести информацию о пяти битах (25=32). Однако в основе здесь тоже лежит кодирование квадробитов. Первые два бита из четырех смешиваются с первыми двумя битами предыдущей точки состояния, и на их основе вычисляется служебный пятый бит, который подставляется к информационному квадробиту.

В начале 90-х годов на основе протокола *V.32* был внедрен протокол *V.32bis.* Его основное отличие от *V.32* — то, что он поддерживает максимальную информационную скорость 14 400 бит/с вместо 9600 бит/с. Модуляция здесь основана на 128-позиционной диаграмме состояния с кодированием 7 бит на точку, из которых 6 бит являются информационными, а седьмой бит — дополнительный, полученный математическими преобразованиями и необходимый для целей треллис-кодирования. В случае ненадежного соединения модем может переходить к использованию 64-позиционной диаграммы состояния (12 000 бит/с), 32-позиционной (9600 бит/с), 16-позиционной (7200 бит/с).

На скорости 4800 бит/с треллис-кодирование не используется, и мы имеем обычную четырехпозиционную квадратурно-амплитудную модуляцию. Модемы *V.32bis* совместимы с модемами *V.32* на скоростях 4800 бит/с (без треллис-кодирования) и 9600 бит/с (альтернативный режим *V.32* с треллис-кодированием).

К аналоговым модемам высокой производительности относятся устройства, обеспечивающие информационную скорость передачи данных от 14 400 бит/с до 33 600 бит/с. Эти модемы работают в соответствии с протоколами *V.34* (до 28 800 бит/с) и *V.34bis* (до 33 600 бит/с). Первая характерная особенность модемов *V.34* состоит в том, что они способны работать на одной из нескольких модуляционных скоростей: 2400, 2743, 2800, 3000, 3200 или 3429 бод. Выбор, на какой скорости работать, определяется парой модемов во время предварительных переговоров по протоколу *V.8* и во многом зависит от физических свойств соединения. Для каждой модуляционной скорости (кроме 3429 бод) модемы могут согласовать одну из двух возможных несущих частот, то есть модемы *V.34* обладают возможностью тестирования линии связи и подбора наиболее оптимальных параметров работы.

Вторая характерная особенность модемов *V.34* заключается в использовании четырехмерного треллис-кодирования против двумерного в модемах *V.32.* Это позволяет увеличить количество точек на диаграмме состояний и, в то же время, различать их с достаточно высокой вероятностью. Еще одной особенностью *V.34* стали методы нелинейного преобразования точек состояния. Грубо говоря, если точка соответствует большой амплитуде, то амплитуда дополнительно увеличивается, а если малой, то она дополнительно уменьшается. Цель нелинейного преобразования (его еще называют сверткой) состоит в том, чтобы раздвинуть точки на диаграмме состояния для улучшения их различимости. С протоколами *V.34* и *V.34bis* аналоговые модемы подошли вплотную к теоретическому пределу пропускной способности для телефонных линий, предсказанному Клодом Шенноном в своей знаменитой теореме (1948 г.). Производительность 33,6 Кбит/с долгое время считалась предельной, то есть максимально возможной для аналоговых телефонных линий. Однако по мере того как службы связи начали внедрять цифровые технологии, появились условия, когда в некоторых случаях клиент может иметь устойчивое соединение, работающее с производительностью более 50 Кбит/с.

В последние десятилетия стали внедряться так называемые цифровые АТС. Для связи с устаревшим аналоговым оборудованием они тоже выполняют аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. В итоге цифровые сигналы, исходящие от последовательного порта компьютера, могут по пути следования несколько раз преобразовываться в аналоговые и обратно. Если между двумя компьютерами располагается только цифровое оборудование АТС, то в этом случае в соединении двух компьютеров может остаться только одно цифро-аналоговое преобразование — между клиентом и его АТС. Причем это преобразование работает только в одну сторону — когда клиент посылает данные. Когда же он их принимает, необходимости в этом преобразовании нет.

В итоге мы имеем несимметричный канал связи. Поток данных от сервис-провайдера поступает только по цифровому каналу и имеет информационную скорость 56 000 бит/с, а поток данных от клиента к провайдеру движется по аналоговому каналу, после чего проходит аналого-цифровое преобразование.

Пропускная способность аналогового канала, как мы установили выше, достигает 33 600 бит/с для модемов, работающих по протоколу *V.34bis.* Таким образом, в данном случае клиент может принимать данные с более высокой скоростью, чем отправлять.

Стандарт на скоростные модемы, поддерживающие соединение с информационной скоростью 56 Кбит/с, был выработан далеко не сразу. «Война стандартов» без видимого успеха тянулась до 1998 г. Лишь после того, как компания *US Robotics* вошла в состав суперконцерна *3Com,* враждующие стороны удалось усадить за стол переговоров, и под эгидой

Международного союза электросвязи они выработали новый стандарт *V.90*. В результате с 1999 г. в мире начался массовый выпуск модемов *56K*, и они стали наиболее распространенными. Их, безусловно, стоит приобретать тем, кто подключен к современным цифровым АТС. Но и те пользователи, которые подключены к устаревшим АТС, тоже могут смело приобретать такие модемы, поскольку при невозможности установления скоростного соединения модем «отступает» к протоколу *V.34bis* и работает как обычный аналоговый модем.

Протоколы факсимильной связи

У факс-модемов есть свои протоколы, установленные Международным союзом электросвязи. В отличие от модемов, факсам не нужно одновременно и передавать и принимать сообщения, поэтому все протоколы факсимильной связи полудуплексные. К ним относятся:

- *V.27terbo* (4800 б/с);
- *V.29* (9600 б/с);
- *V.17* (14400 б/с).

Однако сегодня об этих протоколах мы можем забыть, потому что последние протоколы *V.34* и *V.90* поддерживают факсимильную связь на скорости 28 800 бит/с. Таким образом, приобретая современный модем *V.34* или *V.90*, мы получаем факс-модем.

Протоколы сжатия данных и коррекции ошибок

Современный модем немыслим без функций сжатия и коррекции ошибок. Сжатие данных производится за счет исключения последовательностей часто повторяющихся символов и замены их на код символа и коэффициент повтора. Другой прием сжатия данных состоит в том, что те символы, которые встречаются в сообщении чаще, кодируются более короткими последовательностями битов. Поскольку модем производит сжатие и распаковку данных «на лету», он использует далеко не самые совершенные алгоритмы, но и они дают степень сжатия в среднем от 2 до 4. Если данные в сообщении ранее были предварительно сжаты какой-либо программой, то никакого выигрыша при передаче уже не возникает, а может быть даже и небольшой проигрыш. То же относится и к данным, которые хотя и не сжаты, но представлены в формате, уже имеющем внутреннее сжатие, например *GIF, JPG* и т. п.

Функция коррекции ошибок может быть пассивной или активной. При пассивной коррекции ошибок данные передаются группами (кадрами). При этом каждый кадр сопровождается контрольной суммой. Когда модем заканчивает прием кадра, он вычисляет его контрольную сумму и сверяет с той, которую передал отправитель. Если контрольные суммы не совпадают, делается запрос на повторную передачу всего кадра.

При активной коррекции принимающий модем может не всегда запрашивать повторную передачу. Вместе с кадром данных он получает некий дополнительный избыточный код, вычисленный на основе содержимого кадра с помощью специальных математических методов. При удачном стечении обстоятельств, если ошибок в кадре не слишком много, по избыточному коду удается восстановить утраченное содержимое. После восстановления проверяется контрольная сумма. Если восстановление прошло успешно, передача кадра не повторяется.

Долгое время права на протоколы сжатия и коррекции принадлежали разрабатывавшей их компании *Microcom.* Эти протоколы назывались *MNP (Microcom Network Protocol).* Всего было опубликовано десять протоколов: от *MNP 1* до *MNP 10.* Не желая платить патентные отчисления, производители модемов, объединившиеся под крылом Международного союза электросвязи, разработали универсальные стандарты общего применения: *V42* и *V42bis,* превосходящие по своим параметрам аналогичные стандарты *MNP.*

Протокол *V42* определяет алгоритм коррекции ошибок, а протокол *V42bis* — и алгоритм коррекции ошибок, и алгоритм сжатия данных. Современные модемы должны быть совместимы с этими стандартами. Если модем *V42bis* входит в контакт с модемом, не поддерживающим этот протокол, то он «отступает» к протоколу *MNP4,* затем к *MNP3* и т. д. до протокола *MNP1.* Если же и тот тоже не поддерживается, коррекция ошибок может вообще не производиться.

Устройство модема

Модем, обладающий полной автономной функциональностью, состоит из нескольких основных блоков, иногда реализуемых в отдельных микросхемах. К таким блокам относятся адаптер порта *DTE* (компьютер) — *DCE* (модем) интерфейса; адаптер порта канального интерфейса; универсальный процессор *(PU);* цифровой сигнальный процессор *(DSP);* модемный процессор; постоянное запоминающее устройство; оперативное запоминающее устройство; схема индикации состояния модема.

Порт интерфейса *DTE—DCE* обеспечивает взаимодействие модема с компьютером. Если модем внутренний, вместо интерфейса *DTE—DCE* часто применяют интерфейс *ISA* или *PCI.* Порт канального интерфейса обеспечивает согласование электрических параметров с используемым каналом связи. Канал может быть аналоговым или цифровым, на телефонной паре, кабеле, оптоволокне и т. д.

Универсальный процессор управляет взаимодействием с компьютером и определяет порядок работы схем индикации состояния модема. Именно он выполняет посылаемые из компьютера АТ-команды и является центром управления режимами работы остальных составных частей модема.

Иногда на универсальный процессор возлагают операции компрессии/декомпрессии передаваемых данных. Очевидно, что возможности модема во многом определяются типом используемого *PU* и микропрограммой управления модемом, хранящейся в *ROM*.

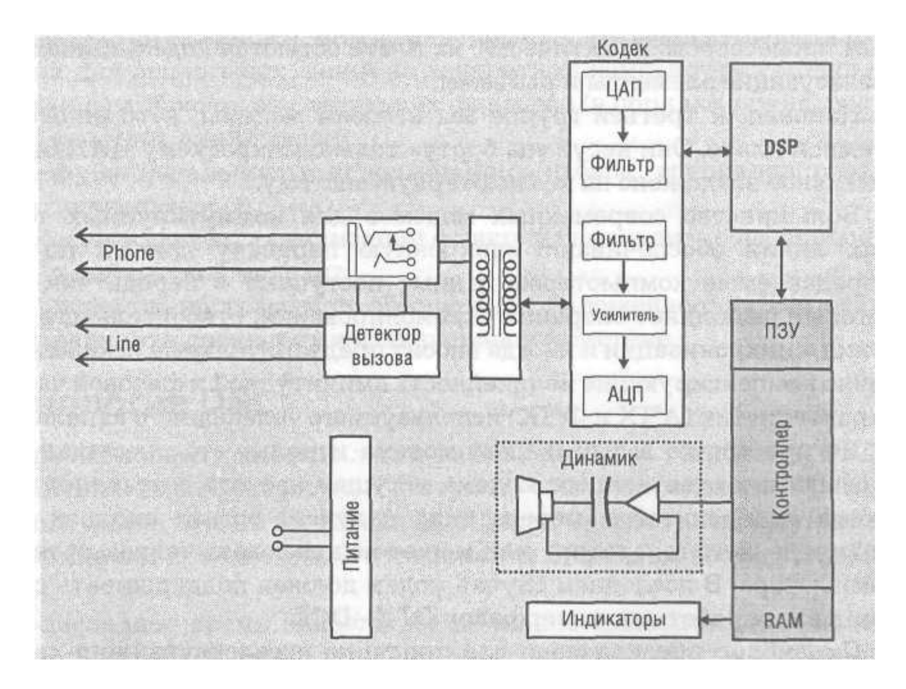
Микропрограмму, находящуюся в *ROM,* часто называют «прошивкой». Термин «прошивка» остался с тех времен, когда микросхемы ПЗУ программировались на внешних устройствах. Сейчас все операции перезаписи выполняются программными методами. Путем замены или перепрограммирования *ROM* иногда можно достичь существенного улучшения работы модема за счет поддержки новых протоколов, сервисных функций или просто устранения ошибок. В последнее время производители модемов применяют по большей части перепрограммируемую флэш-память *(Flash ROM)*.

Память *RAM* используется для временного хранения данных и выполнения промежуточных вычислений как универсальным, так и цифровым сигнальным процессорами. Зачастую внутренние модемы не имеют собственной *RAM* и пользуются памятью компьютерной системы.

На цифровой сигнальный процессор возлагаются задачи по реализации основных функций протоколов модуляции (кодирование, относительное кодирование, скремблирование и пр.) за исключением собственно операций модуляции/демодуляции, которые выполняются специальным модемным процессором.

1. Цифровой сигнальный процессор *(Digital Signal Processor — DSP)* представляет собой устройство для обработки и кодирования поступившего от компьютера пакета данных в соответствии с протоколами передачи *(V.34, V.90* или др.). *DSP* также занимается модуляцией выходного сигнала, опираясь на программу, заложенную в ПЗУ модема, — так называемую «прошивку». Попутно выполняются другие функции: выделение полезного сигнала из шума, усиление или подавление отдельных частот, ликвидация паразитных искажений и пр.
2. Контроллер (объединяет универсальный процессор, схемы управления интерфейсами и каналами) занимается обработкой данных (в соответствии с протоколом коррекции ошибок), их сжатием и обеспечивает интерфейс с программным обеспечением компьютера.
3. Кодек (кодировщик-декодировщик) является оконечным устройством, преобразует цифровой сигнал в аналоговый и наоборот.
4. ПЗУ (постоянное запоминающее устройство) обычно реализовано на микросхемах *Flash ROM,* что позволяет менять при необходимости программу, записанную («прошитую») в ПЗУ.

Помимо перечисленных основных блоков модем может содержать и другие, дополнительные устройства. Например, на многих модемах



Принципиальная схема модема

устанавливают звуковые кодеки для реализации голосовых функций, но некоторые его не имеют, предполагая подключение к звуковой карте. Практически все модемы имеют блок обработки факсимильных сообщений, хотя это не является обязательным требованием. Часто предлагаются функции звуковой обработки (автоответчик, спикерфон), автоматический определитель номера и прочие.

В последние годы появились и получили широкое распространение модемы, не обладающие полной автономной функциональностью. Главным образом это относится к внутренним модемам с шиной *PCI.* К первой группе из числа моделей с урезанной функциональностью можно отнести устройства, у которых отсутствует контроллер, так как его функции возложены на центральный процессор компьютера. Чаще всего такие модемы не имеют и микросхемы *Flash BIOS,* а весь необходимый код содержится в программном драйвере устройства. Учитывая мощности современных процессоров, можно утверждать, что отсутствие контроллера практически не сказывается ни на производительности модема, ни на эффективности компьютерной системы.

Во вторую группу попадают так называемые «софт-модемы», которые иногда именуют *Winmodem.* На этих устройствах отсутствуют не только контроллер, но и *DSP,* так как его функции также реализуются централь-

ным процессором. Практически, на плате остаются кодек, пьезодинамик, согласующие элементы и разъемы.

Наконец, к третьей группе мы относим модемы, встроенные на системной плате. Они несут «на борту» только микросхему ЦАП-АЦП. Все остальное возложено на компьютерную систему.

Большинство современных модемов для коммутируемых телефонных линий обеспечивают синхронную передачу данных по каналу. Передаваемые компьютером данные поступают в передатчик модема, который выполняет операции скремблирования, относительного кодирования, синхронизации и иногда вносит предварительные искажения, частично компенсирующие нелинейность амплитудной и фазовой частотных характеристик (АЧХ и ФЧХ) используемого телефонного канала.

На приемнике вызывающего модема используется несущая частота 2400 Гц, а у отвечающего модема несущая частота составляет 1200 Гц. Схема синхронизации передатчика получает сигнал опорной частоты от внутреннего генератора или может использовать тактовый генератор компьютера. В последнем случае модем должен поддерживать синхронный режим работы по интерфейсу *DTE—DCE.*

Скремблер предназначен для придания псевдослучайного характера передаваемой последовательности данных с целью облегчения выделения тактовой частоты приемником удаленного модема. При использовании сигналов фазовой модуляции и производных от них применение относительного кодирования позволяет решить проблему неоднозначности фазы, восстановленной при приеме несущей.

Приемник типового синхронного модема содержит адаптивный эквалайзер со схемой управления, модулятор с задающим генератором, демодулятор, относительный декодер, дескремблер и схему синхронизации.

Модулятор приемника совместно с задающим генератором позволяет сдвинуть спектр принимаемого сигнала тональной частоты (300-3400 Гц) в область более высоких частот. Это делается для облегчения операций фильтрации и демодуляции. Относительный декодер и дескремблер выполняют операции, обратные произошедшим в передатчике. Схема синхронизации выделяет тактовую частоту из принимаемого сигнала и подает сигнал на другие узлы.

Адаптивный эквалайзер приемника, как и эквалайзер передатчика, позволяет компенсировать нелинейные искажения, вносимые каналом передачи. Адаптивность эквалайзера заключается в его способности подстраиваться под изменяющиеся параметры канала в течение сеанса связи. Для этого сигнал ошибки фазы с демодулятора поступает на схему управления, которая вырабатывает управляющие сигналы для эквалайзера. Сам эквалайзер состоит из линии задержки с отводами и набора управляемых усилителей с изменяемым коэффициентом усиления.

Резюмируя сказанное, можно утверждать, что эффективность работы модема для аналоговых линий на конкретном компьютере сегодня зависит главным образом от следующих факторов (в порядке важности):

- качества линий связи;
- функциональности используемого набора специализированных микросхем;
- эффективности реализации функций специализированного набора в конкретной модели;
- качества программного обеспечения, заложенного в ПЗУ, реализованного в драйверах и в операционной системе.

Технология DSL

Цифровые абонентские каналы на основе семейства технологий *DSL* предоставляют высокоскоростной доступ по обычным медным парам телефонных линий общего пользования. Сегодня многие телекоммуникационные компании активно внедряют варианты цифровых абонентских линий *(DSL)*.

В последнее время наибольшее внимание специалистов и пользователей привлекает технология асимметричной цифровой абонентской линии *(Asymmetric Digital Subscriber Line, ADSL)*. Помимо нее известны менее распространенные: служба симметричной цифровой абонентской линии *(SDSL)*, цифровой абонентской линии с переменной скоростью *(RateAdaptiveDSL, RADSL)*, сверхбыстрой цифровой абонентской линии *(Veryhigh-speedDSL, VDSL)*, быстрой цифровая абонентская линия *(High-speedDSL, HDSL)*.

Все эти технологии рассчитаны на высокоскоростную передачу данных на коротком отрезке витой пары, соединяющей абонента с ближайшей телефонной АТС, то есть на решение проблемы «последних километров», отделяющей потребителя от провайдера услуг Интернета. Модемы *DSL* получают в свое распоряжение полосу шириной около 1 МГц. Конкретная величина зависит от расстояния до АТС и сечения используемых проводов.

ADSL-модемы, подключаемые к обоим концам линии между абонентом и АТС, образуют три канала: быстрый канал передачи данных из сети в компьютер, менее быстрый дуплексный канал передачи данных из компьютера в сеть и обычный канал телефонной связи, по которому передаются телефонные разговоры.

Частотные разделители *(POTS Splitter)* выделяют телефонный поток и направляют его к обычному телефонному аппарату. Такая схема позволяет разговаривать по телефону одновременно с передачей информации и пользоваться телефонной связью в случае неисправности оборудования *ADSL*. Конструктивно телефонный разделитель представляет собой час-

тотный фильтр, который может быть как интегрирован в модем *ADSL,* так и быть самостоятельным устройством.

Модем *ADSL* представляет собой устройство, построенное на базе цифрового сигнального процессора *(DSP),* аналогичного применяемому в обычных модемах. Для создания цифровых потоков используются два метода: метод с частотным разделением каналов и метод эхо-компенсации.

Метод с частотным разделением состоит в том, что каждому из потоков выделяется своя полоса пропускания частот. Высокоскоростной поток может разделяться на один или более низкоскоростных потоков. Передача этих потоков осуществляется методом дискретной многотональной модуляции *(DMT).*

Метод эхо-компенсации состоит в том, что диапазоны высокоскоростного и служебного потоков накладываются друг на друга. Разделение потоков осуществляется с помощью дифференциальной системы, встроенной в модем. При передаче множества потоков происходит разделение каждого из них на блоки. Каждый блок снабжается кодом исправления ошибок *(ECC).*

Передача данных в каналах с высокой пропускной способностью происходит со скоростью от 1,5 до 8 Мбит/с. Каждый канал может быть разделен на несколько логических низкоскоростных каналов. В дуплексных каналах данные передаются со скоростью от 16 Кбит/с до 1 Мбит/с. Максимально возможная скорость линии зависит от ряда факторов, включающих длину линии и толщину телефонного кабеля. Характеристики линии ухудшаются с увеличением его длины и уменьшении сечения провода.

Таблица 19. Скорость модемов ADSL в зависимости от числа каналов

Базовая скорость	Количество каналов	Скорость
1,536 Мбит/с	1	1,536 Мбит/с
1,536 Мбит/с	2	3,072 Мбит/с
1,536 Мбит/с	3	4,608 Мбит/с
1,536 Мбит/с	4	6,144 Мбит/с
2,048 Мбит/с	1	2,048 Мбит/с
2,048 Мбит/с	2	4,096 Мбит/с
2,048 Мбит/с	3	6,144 Мбит/с

Американский Национальный Институт Стандартов *(ANSI),* рабочая группа *T1E1.4* утвердила спецификации на *ADSL* со скоростью передачи

до 6,1 Мбит/с *(ANSI* Стандарт *T1.413). ETSI* дополнила этот стандарт требованиями для Европы.

Группа *T1.413* определила спецификации на единый терминальный интерфейс со стороны оператора. Вторая версия этого стандарта, разработанная группой *T1E1.4,* расширила стандарт, добавив мультиплексированный интерфейс со стороны оператора, протоколы конфигурации и управление сетью.

В 1994 г. был организован ADSL-форум, который определяет концепцию, дальнейшее развитие технологии *ADSL,* разработку протоколов. В этот форум входят свыше 200 операторов связи и производителей оборудования.

Таблица 20. Зависимость скорости от параметров линии

Длина линии (км)	Сечение провода (мм2)	Максимальная скорость (Мбит/с)
2,7	0,4	6,1
3,7	0,5	6,1
4,6	0,4	2
5,5	0,5	1,5

Технология GPRS

Аббревиатура *GPRS* расшифровывается как *General Packet Radio Service* — сети с пакетной передачей данных. Это своеобразная надстройка над обычной сотовой сетью *GSM,* которая позволяет передавать данные на существенно более высоких, чем в обычной сети, скоростях. Если в обычной сети *GSM* максимальный поток достигает 14,4 Кбит/с, то теоретический максимум в *GPRS* составляет 171,2 Кбит/с.

Технологически в *GPRS* весь поток данных отправителя разбивается на отдельные пакеты и затем доставляется получателю, где пакеты собираются воедино, причем совсем необязательно, что все пакеты пойдут одним маршрутом.

Поддержка технологии *GPRS* со стороны оператора связи требует наличия сетевых узлов *GSM PLMN:* узла поддержки услуг *GPRS (Serving GPRS Support Node, SGSN)* и узла шлюзовой поддержки *GPRS (Gateway GPRS Support Node, GGSN).* Узел *SGSN* отслеживает расположение мобильных пакетных передатчиков, обеспечивает защитные функции и контроль доступа. Узел *GGSN* взаимодействует с внешними сетями пакетной передачи данных, обеспечивая пересылку данных с мобильных передатчиков по назначению. Узел *GGSN* связан с внешними сетями с пакетным переключением и соединяется с узлами *SGSN* по сетям стандарта *GPRS,* использующим протокол *IP.*

Таблица 21. Параметры модемов GPRS

Класс	Выделение слотов для передачи	Выделение слотов для приема	Скорость передачи	Скорость приема
Class 2	1	2	12 Кбит/с	24 Кбит/с
Class 4	1	3	12 Кбит/с	36 Кбит/с
Class 6	2	3	24 Кбит/с	36 Кбит/с
Class 8	1-2	до 4	до 24 Кбит/с	48 Кбит/с
Class 10	1-2	2-4	24 Кбит/с	48 Кбит/с
Class 12	1-4	1-4	до 48 Кбит/с	до 48 Кбит/с

Со стороны пользователя необходима установка на компьютер адаптера *GPRS* (иногда называется GPRS-модем). В качестве адаптера можно использовать сотовый телефон, оснащенный модулем *GPRS.* Как известно, в сетях *GSM* используется технология временного разделения каналов с предоставлением мобильному устройству так называемых тайм-слотов. Пропускная способность канала *GPRS* напрямую зависит от выделенных ему тайм-слотов. В настоящее время известно несколько классов *GPRS-модемов.*

Технология WiMAX

Проблема «последней мили» в России стоит особенно остро в связи с обширностью ее территории и отсутствием широкополосных линий связи во многих населенных пунктах. Прокладка кабельных каналов в большинстве случаев требует значительных инвестиций, а то и вовсе невозможна. Частичный выход из положения дает развертывание инфраструктуры мобильной связи и установка спутниковых систем, но стоимость подобных проектов слишком высока для рядовых пользователей.

В области беспроводной связи налицо «зоопарк» развернутых систем беспроводного доступа, в которых используются несовместимые друг с другом протоколы физического и канального уровней, а также реализованы разные методы обеспечения сетевой безопасности. Например, сейчас действуют системы *Wi-Fi (IEEE 802.11), HomeRF, OpenAir, HiperLAN, RadioLAN, SkyNET* и некоторые другие.

В 1999 г. в рамках *IEEE* была организована рабочая группа *802.16,* призванная разработать технические спецификации радиоинтерфейса для систем фиксированного широкополосного беспроводного доступа, получившего известность под названием *WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access,* в дословном переводе — «глобальная совместимость

для микроволнового доступа»). В 2004 г. была утверждена спецификация *802.16a,* регламентирующая не только физический, но и *MAC*-уровень в беспроводных сетях доступа, а также вопросы безопасности функционирования таких сетей.

Таблица 22. Основные технические данные

Параметры	802.16	802.16a
Диапазон	10-66 ГГц	2-11 ГГц
Условия работы	Только прямая видимость	Возможность работы в непрямой видимости для абонентов ближней зоны
Скорость	32,0-134,4 Мбит/с	1,0-75,0 Мбит/с
Модуляция	QPSK, 16 QAM, 64 QAM Одна поднесущая	QPSK, 16 QAM, 64 QAM (OFDM 256) одна поднесущая, OFDM 256 поднесущих, OFDMA 2048 поднесущих
Дуплексный режим	TDD/FDD	TDD/FDD
Полоса частот	20, 25 и 28 МГц	От 1,25 до 20 МГц
Радиус соты	2-5 км	4-6 км

На MAC-уровне предусмотрена поддержка дуплексной передачи, синхронизации и механизмов разрешения коллизий, возникающих на этапе установки системы или при поступлении запроса на передачу. На этом же уровне обеспечивается измерение расстояния до абонентских станций, необходимое для корректной работы протокола, обновление описания канала и разделение абонентского оборудования на абонентские группы. Кроме того, в описании MAC-уровня рассматриваются концептуальные подходы к обеспечению качества обслуживания.

Описание уровня безопасности охватывает алгоритмы шифрования на участке между базовой и абонентскими станциями. К нему относятся протокол инкапсуляции для шифрования пакетов, включающий в себя несколько схем шифрования/аутентификации и правила их применения к пакетам MAC-уровня, а также протокол управления ключами шифрования *(Privacy Key Management, PKM),* который обеспечивает распределение между абонентами ключей, передаваемых базовой станцией.

Описание физического уровня, включает, помимо прочего, режимы временной и частотной дуплексной передачи, алгоритмов адаптивной смены вида модуляции и кодирования *(FEC).* В процессе адаптации, исходя из условий в физической линии, вид модуляции и скорость кодирования изменяются динамически от пакета к пакету и индивидуально для каждого пользователя, что позволяет примерно вдвое увеличить реаль-

ную пропускную способность по сравнению с быстродействием неадаптивных систем.

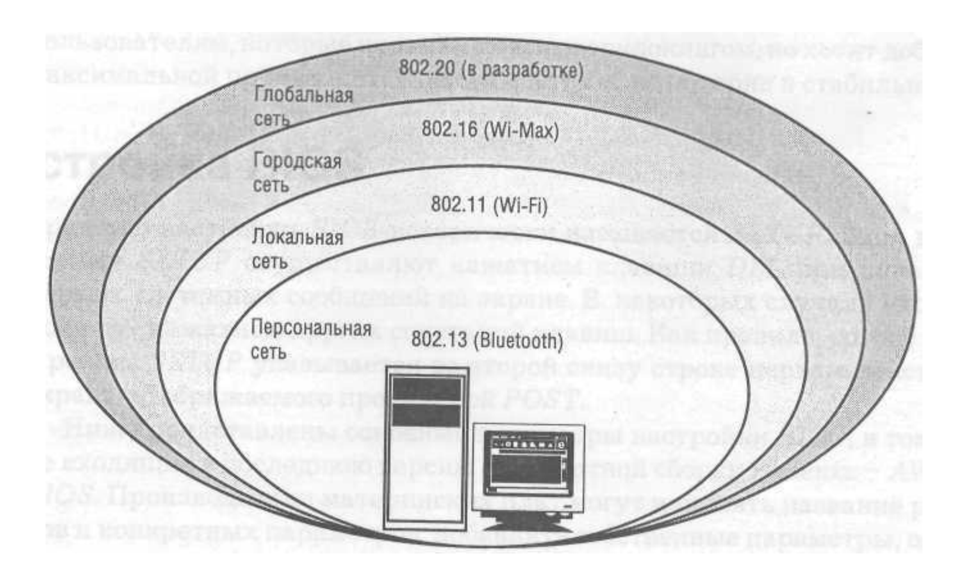
Передача трафика в восходящем направлении (от абонентских устройств к базовой станции) базируется на комбинации двух методов доступа: *DAMA* (доступ по запросу) и *TDMA* (доступ с временным разделением каналов). Структура пакетов физического уровня поддерживает переменную длину пакета МАС-уровня. Нисходящая передача ведется в режиме временного дуплекса в едином потоке для всех абонентских устройств одного сектора. В системе информация передается в виде фреймов, каждый из которых делится на два субфрейма. Первый служит для передачи трафика базовой станцией, второй — абонентским оборудованием.

Исходная версия стандарта охватывает диапазон частот 10-66 ГГц. Особенности распространения радиоволн этого диапазона ограничивают возможности работы систем условиями прямой видимости. В типичной городской среде это позволяет подключить примерно половину абонентов, находящихся в пределах рабочей дальности от базовой станции. Для остальных прямая видимость, как правило, отсутствует. В этой связи институт *IEEE* разработал дополнение к стандарту *802.16,* которое относится к частотам 2-11 ГГц и предусматривает режимы ортогонального частотного мультиплексирования *(OFDM)* и множественного доступа на основе такого мультиплексирования *(Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA).* В режиме *OFDM* допускается одновременная передача на 256 поднесущих. За счет увеличения длительности элементарного символа можно одновременно принимать прямой и отраженные от препятствий сигналы либо вообще работать только на отраженных сигналах вне пределов прямой видимости базовой станции. Режим *OFDMA* предполагает использование мультиплексирования *OFDM* с 2048 поднесущими и одновременный обмен трафиком сразу со многими абонентами. При стандартном количестве поднесущих (256) обеспечивается одновременная работа с восемью абонентами. Помимо топологии «точка — много точек» допускается использование топологии *Mesh Mode,* которая позволяет обеспечивать прямую связь между пользователями.

Требования, накладываемые спецификациями *802.16* на конкретное оборудования, формулируются в терминах поддерживаемых широкополосных сервисов. Скажем, интерфейс *802.16* должен поддерживать скорости передачи и уровни обслуживания, предусмотренные в сетях *ATM* или *IP,* либо поддерживать пропускную способность и величину задержки, необходимые для передачи голоса или видео. Специальные требования к широкополосным услугам сформулированы для трех типов услуг: основанных на коммутации каналов, на пакетах переменной длины и на пакетах/ячейках фиксированной длины. Специфика услуг первого типа очевидна из самого названия. Услуги с пакетами переменной длины ори-

ентированы на работу с трафиком *IP, frame relay* и *MPEG-4.* Третий тип услуг предусмотрен для совместимости с сетями *ATM.* При описании широкополосных услуг ключевыми параметрами являются поддерживаемая скорость передачи данных, частота ошибок передачи и максимальная задержка однонаправленной передачи.

Построение сети *WiMAX* предполагает использование трех типов оборудования — базовые станции, абонентский комплект и оборудование для организации связи между базовыми станциями. Базовая станция представляет собой модульное решение, которое может по мере необходимости дополняться различными блоками, например, модулями для связи с магистральной сетью провайдера. Можно увеличить ширину пропускной способности базовой станции и увеличить зону покрытия за счет использования секторных антенн с высоким коэффициентом усиления, а также узконаправленных абонентских антенн. Таким образом, в конфигурации «точка — многоточка» может быть достигнуто покрытие с радиусом 10-30 км. Что касается обеспечения информационной безопасности, то в стандарте *802.16* официально утверждены меры предотвращения взлома. Так, в процессе передачи данных от базовой станции к абоненту и обратно трафик шифруется. При этом используются одновременно два ключа с перекрывающимися временами жизни, и поэтому трафик никогда не бывает незашифрован. Одновременная работа двух ключей объясняется необходимостью работать в среде с возможной потерей пакетов. Происходит также периодическая авторизация и периодическая смена ключей.



Современная система беспроводных сетевых технологий

В настоящее время производство оборудования и развертывание сетей *WiMAX* только начинается. Важным этапом стала разработка компанией *Intel* микросхемы, реализующей интерфейс *WiMAX* в диапазоне 2-11 ГГц. В результате стоимость конечного абонентского оборудования снизилась примерно до 300$. Нет сомнения, что расширение производства будет способствовать снижению цен на оборудование и расширению сетей *WiMAX*. Первоначально такие сети найдут применение на корпоративном рынке. В дальнейшем доступ к сети *WiMAX* частных пользователей будет актуален в тех местностях, где прокладка кабельных сетей нецелесообразна. В крупных городах *WiMAX* должен бороться за место под солнцем с кабельными сетями и *ADSL*. Успех в такой борьбе зависит от цен на оборудование и услуги доступа. Учитывая меньшую стоимость инвестиций в расчете на одного абонента, вполне могут появиться провайдеры, делающие ставку на технологию *WiMAX*.

Приложение 1. Базовая система ввода-вывода

Базовая система ввода-вывода *(Basic Input-Output System)* является обязательным элементом любого компьютера. *BIOS* во многом обеспечивает стабильность в работе и стандартную функциональность компьютера.

Производители материнских плат расширяют стандартные функции *BIOS,* предоставляя пользователям возможность самостоятельно задать частоту системной шины, напряжение ядра процессора, тайминги оперативной памяти и некоторые другие параметры. Такие модели системных плат известны под общим названием «оверклокерских» и пользуются особой популярностью на рынке.

Так или иначе, практически любой параметр *BIOS* оказывает влияние на систему в целом. Поэтому знание настроек *BIOS* необходимо и тем пользователям, которые не занимаются оверклокингом, но хотят добиться максимальной производительности системы, не потеряв в стабильности.

Настройка BIOS

Средство настройки *BIOS* исторически называется *SETUP.* Вход в программу *SETUP* осуществляют нажатием клавиши *DEL* при появлении первых системных сообщений на экране. В некоторых случаях вход выполняют нажатием других сочетаний клавиш. Как правило, способ входа в режим *SETUP* указывается во второй снизу строке первого текстового экрана, отображаемого процедурой *POST.*

Ниже представлены основные параметры настройки *BIOS,* в том числе входящие в последнюю версию стандартной сборки *Phoenix - AWARD BIOS.* Производители материнских плат могут изменять название разделов и конкретных параметров, добавлять собственные параметры, однако в целом предложенная нами информация соответствует реально встречающимся вариантам *BIOS.*

Разделы BIOS

Современные версии *BIOS* обычно содержат следующие разделы.

Standard CMOS Features	Стандартные параметры CMOS
Advanced BIOS Features	Расширенные настройки BIOS
Advanced Chipset Features	Расширенные настройки чипсета
Integrated Peripherals	Интегрированные устройства
Power Management Setup	Управление питанием
PnP/PCI Configurations	Конфигурация шины PCI

При наличии встроенной системы контроля параметров системной платы и компонентов обычно вводится соответствующий раздел, например *PC Health Status*. Иногда отдельный раздел отводится для «ручного» управления частотами системной шины и напряжениями ядра процессора, например *Frequency/Voltage Control*.

Некоторые фирмы-производители системных плат предпочитают иную конфигурацию меню *SETUP BIOS*. В частности, можно встретить следующий вариант представления разделов меню:

- *Main* (аналог *Standard CMOS Features);*
- *Advanced* (объединяет функции меню *Advanced BIOS Features, Advanced Chipset Features, Integrated Peripherals, Power Management Setup, PnP/PCI Configurations, Frequency /Voltage Control);*
- *Security* (установка паролей пользователя и администратора);
- *Hardware Monitor* (аналог меню *PC Health Status);*
- *Exit* (загрузка «зашитых» конфигураций *BIOS* и варианты выхода из средства *SETUP).*

Внутренняя организация в таком меню в принципе совпадает с другими вариантами представления параметров *BIOS,* хотя названия некоторых элементов могут отличаться.

Средство *SETUP* содержит команды загрузки конфигурации, предотвращающей ошибки (Load *Fail-Safe Defaults)* и оптимальной конфигурации (Load *Optimized Defaults).* Отдельные команды предусмотрены для установки паролей. Команда *Set Supervisor Password* вызывает окно задания пароля доступа к настройкам *BIOS,* команда *Set User Password* вызывает окно задания пароля загрузки системы.

Две команды предназначены для выхода из средства *SETUP.* Команда *Save & Exit Setup* сохраняет при выходе сделанные изменения, команда *Exit Without Saving* при выходе оставляет *BIOS* в прежнем состоянии.

Раздел Standard CMOS Features

В некоторых версиях *BIOS* этот раздел называется *BIOS Features Setup* (Установка параметров *BIOS).*

Параметр	**Date (mm:dd:yy)**
Описание	Дата
Назначение	Установка текущей даты в формате: месяц, день, год

Параметр	**Time (hh:mm:ss)**
Описание	Время
Назначение	Установка текущего времени в формате: час, минута, секунда

Параметр	**IDE Primary Master**
Описание	Ведущий накопитель на первом канале IDE
Назначение	Установка параметров ведущего накопителя (жесткого диска, CD-ROM), подключенного к первому контроллеру IDE
Внимание! Нажатие клавиши ENTER открывает параметры настройки IDE Primary/Secondary Master/Slave	

Параметр	**IDE Primary Slave**
Описание	Ведомый накопитель на первом канале IDE
Назначение	Установка параметров ведомого накопителя, подключенного к первому контроллеру IDE

Параметр	**IDE Secondary Master**
Описание	Ведущий накопитель на втором канале IDE
Назначение	Установка параметров ведущего накопителя, подключенного ко второму контроллеру IDE

Параметр	**IDE Secondary Slave**
Описание	Ведомый накопитель на втором канале IDE
Назначение	Установка параметров ведомого накопителя, подключенного ко второму контроллеру IDE

Параметр	**IDE HDD Auto-Detection**
Описание	Автоматическое определение параметров жесткого диска
Назначение	Команда перехода в режим автоматического определения параметров жесткого диска

Параметр	**IDE Primary (Secondary) Master (Slave)**
Описание	Ведущий (ведомый) накопитель первого (второго) канала IDE
Назначение	Настройка параметров накопителя (отключено, автоматически, вручную). Рекомендуется значение Auto (автоматически). Если же установлен устаревший диск из числа бывших в употреблении, возможны ошибки с его автоматическим определением. Тогда необходимо выбрать режим Manual (вручную), выписать параметры диска с наклейки на его корпусе и ввести нужные значения в соответствующие строки (приведены ниже)

Параметр	**Access Mode**
Описание	Режим представления
Назначение	Выбор режима представления (LBA, Normal, Large, Auto) логических блоков жесткого диска емкостью более 528 Мбайт. Рекомендуется оставить значение Auto (автоматически). Для ручного ввода параметров выбрать режим, соответствующий возможностям жесткого диска. Технология LBA ускоряет доступ к жесткому диску, передавая данные одновременно из нескольких секторов. В нормальном режиме за один цикл (прерывание) передается 512 байт данных, в режиме LBA — до 64 Кбайт

Параметр	**Capacity**
Описание	Емкость
Назначение	В поле указывается емкость жесткого диска в мегабайтах

Параметр	**Cylinder**
Описание	Цилиндры
Назначение	В поле указывается число цилиндров на жестком диске

Параметр	**Head**
Описание	Головки
Назначение	В поле указывается число головок чтения/записи

Параметр	**Precomp**
Описание	Компенсация
Назначение	Схема компенсации при трансляции физических секторов в логические. В прошлом жесткие диски имели одинаковое число секторов на внешних и внутренних дорожках. В результате плотность данных на внутренних дорожках была выше и биты были расположены ближе друг к другу. Независимо от этого каждый сектор должен содержать 512 байт. Поэтому возникла необходимость использовать схему компенсации. В современных жестких дисках параметр не используется

Параметр	**Landing Zone**
Описание	Зона парковки
Назначение	В поле задается номер дорожки, на которой паркуются головки диска

Параметр	**Sector**
Описание	Сектора
Назначение	В поле задается число секторов на диске

Параметр	**Drive A**
Описание	Дисковод гибких дисков A
Назначение	Перечислены параметры дисководов гибких дисков, поддерживающих разные форматы. Необходимо выбрать то значение, которое поддерживается дисководом, установленным в системе

Параметр	**Drive B**
Описание	Дисковод гибких дисков B
Назначение	Выбор значения, которое поддерживается дисководом, установленным в системе

Параметр	**Floppy 3 Mode Support**
Описание	Поддержка трех форматов дисководом FDD
Назначение	Трудно представить современную систему с необходимостью поддержки 3,5-дюймовыми дисководами форматов дискет 720 Кбайт, 1,2 Мбайт и 1,44 Мбайт одновременно. Тем не менее, этот параметр сохраняется в BIOS. Рекомендуемое значение: Disabled

Параметр	**Video**
Описание	Видеорежим
Назначение	Выбор режима отображения меню SETUP BIOS. Рекомендуемое значение EGA/VGA. Прочие режимы никто, кроме историков компьютерной техники, уже не помнит

Параметр	**Halt on**
Описание	Остановка загрузки
Назначение	Выбор режима выдачи сигналов BIOS при тестировании системы. Рекомендуемое значение All, But Keyboard (Все ошибки, кроме клавиатуры)

Раздел Advanced BIOS Features

Параметр	**BIOS Flash Protection**
Описание	Защита флэш-памяти BIOS
Назначение	Функция защиты ПЗУ с образом BIOS от несанкционированных изменений. Рекомендуется включить

Параметр	**CPU Level 1 Cache**
Описание	Кэш первого уровня процессора
Назначение	Этот параметр BIOS используют для включения или отключения кэша первого уровня процессора. Функция часто используется для определения компонентов, препятствующих разгону процессора. Если процессор с выключенным кэшем первого уровня разгоняется до заметно более высоких частот, чем с работающим кэшем, то препятствием выступает кэш L1. Однако отключение кэша первого уровня при разгоне бессмысленно для процессоров шестого и седьмого поколений, поскольку падение производительности сведет на нет преимущества разгона

Параметр	**Virus Warning / Anti-Virus Protection**
Описание	Предупреждение о вирусах / защита от вирусов
Назначение	Если опция Virus Warning включена, BIOS выдает предупреждение при попытке обращения к загрузочному сектору или к таблице разделов (область в главной загрузочной записи, которая используется для доступа к жесткому диску). Подчеркнем, что защищается только загрузочный сектор и таблица разделов, а не жесткий диск целиком. Включенная функция иногда становится причиной проблем при установке программного обеспечения, особенно операционных систем семейства Windows. Предупреждение о вирусах необходимо отключить перед установкой подобных программ. Некоторые утилиты диагностики компьютера, которые обращаются к загрузочному сектору, также вызывают появление сообщения о вирусной атаке. Функция Virus Warning бесполезна для дисков, которые управляются внешними контроллерами с их собственной системой BIOS (например, контроллеры SCSI или RAID). Загрузочные вирусы минуют системный BIOS и «прописываются» на такие диски напрямую. Некоторые материнские платы имеют собственный механизм защиты (ChipAway) в составе BIOS. Если он включен, то появляется возможность определять вирусы до того, как они попадут на загрузочный раздел жесткого диска. Опять же, эта функция бесполезна для дисков, которые управляются отдельными контроллерами. Подведем итог: во многих случаях функция антивирусной защиты бесполезна или вредна. Поэтому ее включение можно рекомендовать только на компьютерах офисного класса, где состав программного обеспечения не меняется годами

Параметр	**CPU Level 2 Cache**
Описание	Кэш второго уровня процессора
Назначение	Этот параметр BIOS используют для включения или отключения кэша второго уровня. Отключение кэша второго уровня благоприятствует разгону. Кэш второго уровня в меньшей степени влияет на производительность процессора, однако полное отключение кэша L2 не может быть компенсировано никаким разгоном

Параметр	**CPU L2 Cache ECC Checking**
Описание	Коды коррекции ошибок
Назначение	Включение или отключение функции коррекции ошибок центрального процессора. Включение этого параметра позволяет исправлять ошибки в данных, хранящихся в кэше второго уровня, если они затрагивают только один разряд, и определять (но не исправлять) ошибки в двух разрядах. Включение ECC checking повышает стабильность системы, особенно при разгоне процессора. Следует отметить, что разница в производительности процессора с включенной и отключенной функцией коррекции ошибок ничтожна. Распространенное мнение о влиянии функции на повышение рабочих частот ошибочно

Параметр	**Processor Number Feature**
Описание	Номер процессора
Назначение	Этот параметр присутствует в BIOS материнских плат для процессоров Pentium III. Включение функции позволяет некоторым программам считывать серийный номер установленного в системе процессора для повышения безопасности транзакций. Для большинства пользователей эта функция бесполезна, и ее можно отключить (Disabled)

Параметр	**Quick Power On Self Test**
Описание	Быстрый тест системы при включении компьютера
Назначение	При включении уменьшается время тестирования компонентов системы при загрузке (пропускается часть тестов). Для повседневной работы рекомендуется включить. Но при любых изменениях в системе следует отключить, чтобы обнаружить возможные ошибки. После нескольких корректных тестов функцию можно опять включить

Параметр	**Boot Sequence**
Описание	Последовательность загрузки
Назначение	Выбор последовательности загрузки для накопителей, на которых BIOS будет искать операционную систему (например: C, CDROM, A). Для быстрой загрузки установите первым в очереди жесткий диск, содержащий операционную систему. Если необходимо выполнить загрузку с других накопителей, выберите вариант с нужным накопителем в первой позиции очереди

Параметр	**Boot Sequence EXT Means**
Описание	Последовательность загрузки с дополнительных устройств
Назначение	Этот параметр встречается в BIOS материнских плат, имеющих дополнительные контроллеры IDE или SCSI. Чтобы загрузиться с жесткого диска IDE, подключенного к третьему или четвертому каналу IDE (на дополнительном контроллере IDE), необходимо сначала установить описанный выше параметр Boot Sequence так, чтобы значение EXT было первым в очереди (например: EXT, C, A). Затем следует установить значение параметра Boot Sequence EXT Means в положение IDE. Для загрузки с жесткого диска SCSI, подключенного к встроенному контроллеру SCSI, необходимо установить описанный выше параметр Boot Sequence так, чтобы значение EXT было первым в очереди (например: EXT, C, A). Затем следует установить значение параметра Boot Sequence EXT Means в положение SCSI.

Параметр	**First Boot Device**
Описание	Первое устройство загрузки
Назначение	Выбор первого устройства, с которого BIOS попытается загрузить операционную систему. Например, если в качестве первого устройства загрузки (First Boot Device) указан привод CDROM с операционной системой MS-DOS, BIOS загрузит DOS и не будет загружать систему Windows, установленную на жестком диске. Обычно очередность загрузки меняют при восстановлении рухнувшей операционной системы или установке новой системы. По умолчанию в качестве первого устройства загрузки обычно используется дисковод гибких дисков. Рекомендуется изменить этот параметр на HDD-0

Параметр	**Second Boot Device**
Описание	Второе устройство загрузки
Назначение	Выбор второго устройства, с которого BIOS попытается загрузить операционную систему. За исключением случаев, когда в качестве первого устройства загрузки выбран съемный диск, данная функция используется редко

Параметр	**Third Boot Device**
Описание	Третье устройство загрузки
Назначение	По умолчанию обычно выбран дисковод LS/ZIP

Параметр	**Boot Other Device**
Описание	Загрузка с другого устройства
Назначение	При установке значения Enabled (включено) BIOS пытается загрузить систему со второго или третьего устройства загрузки, если не удалось загрузиться с первого устройства. По умолчанию значение параметра Enabled (включено). Если эта функция отключена (Disabled), а BIOS не может найти операционную систему на первом устройстве загрузки, процесс прерывается и на экран выдается сообщение No Operating System Found (не обнаружено операционной системы), хотя операционная система может присутствовать на других накопителях

Параметр	**Swap Floppy Drive**
Описание	Перестановка флоппи-дисководов
Назначение	Данная функция полезна, если необходимо поменять местами логическое обозначение дисководов гибких дисков. После включения (Enabled) функции первый дисковод будет помечен как диск В, а второй — как диск А. В современных системах, имеющих не более одного дисковода гибких дисков, функция бесполезна

Параметр	**Boot Up Floppy Seek**
Описание	Поиск дисковода гибких дисков во время загрузки
Назначение	В положении Enabled (включено) средствами BIOS проверяется наличие загрузочного сектора на гибком диске. Для ускорения процесса загрузки рекомендуется установить значение Disabled

Параметр	**Boot Up NumLock Status**
Описание	Статус клавиши NUMLOCK
Назначение	Проверяется состояние группы дополнительных клавиш клавиатуры при загрузке. Если режим включен (Enabled), дополнительная группа действует в цифровом режиме, если режим отключен (Disabled), то клавиши управляют курсором. Конкретная установка зависит от предпочтений пользователя

Параметр	**Typematic Rate Setting**
Описание	Настройка режима повторения
Назначение	Если режим включен (Enabled), можно вручную настроить два параметра: Typematic Rate (частота повтора) и Typematic Rate Delay (интервал перед повтором). Если параметр отключен (Disabled), BIOS использует настройки, заданные по умолчанию

Параметр	**Typematic Rate (Chars/Sec)**
Описание	Частота повтора (знаков/мин)
Назначение	Определяет частоту повторения сигналов при нажатой клавише. Эта настройка действует, только когда включен предыдущий параметр Typematic Rate Setting

Параметр	**Typematic Rate Delay (Msec)**
Описание	Интервал перед повтором
Назначение	Время задержки в миллисекундах до начала повторения сигнала с клавиатуры о длительном нажатии клавиши. Эта настройка работает только при включенном режиме Typematic Rate Setting

Параметр	**Security Setup / Security Option**
Описание	Режим защиты настроек
Назначение	Режим активен, если установлен пароль посредством команды User Password в основном окне BIOS. Выбор значения System (система) настроит BIOS на запрос пароля при каждой загрузке системы. При выборе значения Setup (настройка) пароль потребуется при попытке доступа к настройкам BIOS

Параметр	**Assign IRQ For VGA**
Описание	Выделение прерывания для адаптера VGA
Назначение	Некоторые графические адаптеры требуют монопольного выделения прерывания для нормальной работы. Если параметр отключен (Disabled), то возможны сбои в нормальной работе или снижение производительности

Параметр	**MPS Version Control For OS**
Описание	Версия MPS
Назначение	Этот параметр появляется в многопроцессорных системах. Указывает версию Multiprocessor Specification (MPS), которую будет использовать материнская плата. Современные версии серверных операционных систем поддерживают спецификацию MPS 1.4

Параметр	**OS Select For DRAM > 64MB**
Описание	Выбор ОС если DRAM > 64 Мбайт
Назначение	Если оперативная память имеет размер более 64 Мбайт, то операционная система OS/2 по-своему управляет областями расширенной памяти. Для систем на базе Windows установите значение Non-OS/2

Параметр	**HDD S.M.A.R.T. Capability**
Описание	Совместимость с технологией HDD S.M.A.R.T.
Назначение	Технология S.M.A.R.T. (Self Monitoring Analysis And Reporting) поддерживается всеми современными жесткими дисками и позволяет на раннем этапе предупредить надвигающиеся проблемы. Попробуйте отключить (Disabled) параметр, если возникают спонтанные перезагрузки системы или отказы доступа к диску, подключенному к локальной сети

Параметр	**Delay IDE Initial**
Описание	Задержка инициализации устройства IDE
Назначение-	Процесс загрузки современных BIOS происходит очень быстро. Некоторые устройства IDE не успевают за это время раскрутить диски, и BIOS не может определить их параметры во время процесса загрузки. Ручное задание периода задержки инициализации устройств IDE решает эту проблему

Параметр	**Report No FDD For WIN 95**
Описание	Сообщать ОС Windows 95 об отсутствии диска в накопителе гибких дисков
Назначение	В операционной системе Windows 95 обращение к дисководу FDD, в котором нет диска, приводило к зацикливанию процедуры. Включение (Enabled) опции позволяет решить эту проблему. Для более свежих операционных систем поставьте значение Disabled (отключено)

Параметр	**Video BIOS Shadowing**
Описание	Использование теневого ПЗУ для загрузки BIOS видеокарты
Назначение	При включении (Enabled) режима система Video BIOS копируется в системную память. Этот прием улучшает производительность в устаревших системах, потому что процессор может считывать данные BIOS через 64-битную шину памяти, а не 8-битную шину ПЗУ. Однако современные операционные системы используют прямой доступ к видеокарте. Таким образом, никакого выигрыша от копирования BIOS они не получают. В среде Windows Эх или Windows XP нет смысла тратить системную память на отображение Video BIOS. И все же в ряде случаев можно найти применение этому режиму. Дело в том, что некоторые игры под DOS до сих пор используют Video BIOS, так как они не обращаются напрямую к графической карте. Если вы коллекционируете старые игры под DOS, можете попробовать включить режим Video BIOS Shadowing

Раздел Advanced Chipset Features

Параметр	**FSB Frequency**
Описание	Частота системной шины
Назначение	Установка пользователем частоты системной шины. Эту функцию применяют при разгоне процессора, который имеет фиксированный множитель рабочей частоты. Часть моделей материнских плат позволяет менять частоту с шагом 1 МГц, некоторые предлагают только фиксированные значения, а многие системные платы вообще не предоставляют данную настройку. Рекомендуется использовать только опытным пользователям. Если система не предназначена для разгона, поставьте значение Auto (автоматически)

Параметр	**CPU Frequency Multiple Setting**
Описание	Способ определения коэффициента умножения процессора
Назначение	Выбор способа определения множителя рабочей частоты процессора. Для процессоров с заблокированным множителем включение режима Manual (вручную) бесполезно

Параметр	**CPU Ratio**
Описание	Установка множителя частоты процессора
Назначение	Установка вручную коэффициента перевода (множителя) частоты системной шины в рабочую частоту процессора. Не действует в отношении процессоров с фиксированным множителем (к ним, в частности, относятся все процессоры AMD Athlon, Duron). Рекомендуется применять только опытным пользователям

Параметр	**System Performance**
Описание	Параметры производительности
Назначение	Выбор настроек чипсета с целью повышения производительности. Рекомендуемое значение Optimal (оптимальный). При выборе значения Manual все настройки можно выполнять вручную, что требует хорошего знания устройства компьютера и влечет определенный риск потери стабильности системы

Параметр	**Top Performance**
Описание	Параметры производительности
Назначение	Выбор значения Enabled (включено) выставляет настройки чипсета так, чтобы добиться лучшей производительности. Отключение (Disabled) параметра переводит настройки в режим обеспечения стабильности. Рекомендуется оставить значение Enabled

Параметр	**SDRAM CAS Latency Time**
Описание	Время задержки SDRAM CAS (Column Address Strobe)
Назначение	Управление задержкой от получения команды считывания данных до момента ее выполнения (по числу синхронизирующих импульсов). Также определяет продолжительность цикла для завершения первой части пакетной передачи. Таким образом, чем меньше время ожидания, тем быстрее происходит транзакция. Однако некоторые модули памяти SDRAM не в состоянии обеспечить время задержки 2 такта, становятся нестабильными и утрачивают данные. Значение параметра подбирают опытным путем. Если система стабильно работает при пониженном тайминге, значит, вам повезло

Параметр	**SDRAM Timing Control**
Описание	Управление таймингом SDRAM
Назначение	При выборе значения Auto (автоматически) параметры тайминга модулей памяти считываются из микросхемы SPD. При выборе значения Manual (вручную) становятся доступными для редактирования команды управления таймингом

Параметр	**SDRAM Cycle Time Tras/Trc**
Описание	Продолжительность цикла памяти SDRAM
Назначение	Изменение минимального количества циклов памяти, требуемых для выполнения процедур T_{ras} и T_{rc} в памяти SDRAM. T_{ras} означает Row Active Select Time (время активности строки SDRAM), то есть период времени, в течение которого строка открыта для переноса данных. Также существует термин Minimum RAS Pulse Width (минимальная длительность импульса RAS). T_{rc} означает Row Cycle Time (время полного цикла строки), то есть период времени, в течение которого завершается полный цикл открытия и регенерации строки (row-open, row-refresh cycle). Значение, принятое по умолчанию: 6/8. При установке значения 5/6 циклы завершаются быстрее, но не гарантируется доступность строк на весь период транзакции данных. Это особенно справедливо для SDRAM с тактовой частотой свыше 100 МГц. Оптимальное значение подбирают опытным путем

Параметр	**SDRAM RAS-to-CAS Delay**
Описание	Задержка SDRAM RAS-to-CAS
Назначение	При доступе к памяти обращения к столбцам и строкам выполняются отдельно друг от друга. Этот параметр определяет интервал между сигналами. Уменьшение значения увеличивает быстродействие. Значение, обеспечивающее стабильную работу, подбирают опытным путем

Параметр	**SDRAM RAS Preoharge Time**
Описание	Время предварительного заряда RAS SDRAM
Назначение	Позволяет определить количество тактов системной шины до формирования сигнала RAS. Уменьшение этого значения увеличивает быстродействие, но может привести к потере данных. Значение, обеспечивающее стабильную работу, подбирают опытным путем

Параметр	**SDRAM Cycle Length**
Описание	Продолжительность цикла SDRAM
Назначение	Данный параметр похож на SDRAM CAS Latency Time. Управляет задержкой времени (по периодам синхронизирующих импульсов) до момента выполнения команды считывания (read command) после ее получения

Параметр	**SDRAM Bank Interleave**
Описание	Чередование банков данных SDRAM
Назначение	Чередование банков позволяет чередовать их циклы обновления и доступа. Один банк проходит цикл обновления, в то время как другой выполняет транзакцию. Это повышает производительность памяти за счет маскирования времени обновления каждого банка. Упорядочение циклов обновления банков дает эффект, схожий с конвейерным доступом к памяти. В цикле с чередованием банков первый банк начинает обмен данными с процессором в том же самом цикле, в котором второй банк получает адрес. При отключенном чередовании процессор посылает адрес контроллеру памяти, получает требуемые данные и затем ждет обновления SDRAM, перед тем как начать вторую транзакцию данных. На все это тратится множество циклов синхроимпульсов. Чередование банков работает только в том случае, если последовательно запрошенные адреса не находятся в одном и том же банке. Иначе транзакции данных происходят так, словно эти банки не чередуются. Модуль памяти SDRAM содержит два либо четыре банка. Двухбанковые модули построены на микросхемах размером 16 Мбит и считаются устаревшими. Четырехбанковые модули используют микросхемы емкостью 64 Мбит и более

Параметр	**SDRAM Precharge Control**
Описание	Управление предварительным зарядом SDRAM
Назначение	Выбор устройства, управляющего предварительным зарядом SDRAM (процессор или схема на самом модуле памяти). Если параметр выключен (Disabled), то все циклы обращения процессора к памяти завершаются командой АН Banks Precharge. Если же параметр включен (Enabled), то управление предварительным зарядом предоставлено самому модулю памяти

Параметр	**SDRAM Leadoff Comman**
Описание	Время доступа к первому элементу пакета данных
Назначение	Подстройка значения leadoff time (периода времени до получения доступа к данным). В большинстве случаев — это время доступа к первому элементу пакета данных. Значение, обеспечивающее стабильную работу, подбирают опытным путем

Параметр	**Delayed Transaction**
Описание	Задержка транзакций
Назначение	Включение дополнительных тактов задержки при обмене данными с устройствами на медленной шине, например ISA

Параметр	**DRAM Data Integrity Mode**
Описание	Режим целостности данных DRAM
Назначение	Включение режима целостности данных в памяти ECC — Error Checking and Correction (проверка и исправление ошибок). Параметр активен только при использовании специальной памяти, поддерживающей режим ECC RAM

Параметр	**Read-Around-Write**
Описание	Выполнение команды считывания с изменением последовательности
Назначение	Позволяет процессору выполнять команды считывания с изменением последовательности, независимо от команд записи. Таким образом, если команда чтения данных указывает адрес в памяти, данные которого уже находятся в кэше (ожидая копирования в память), то данные считываются из кэша. Рекомендуется установить значение Enabled (включено)

Параметр	**System BIOS Cacheable**
Описание	Кэширование области системного BIOS
Назначение	Если BIOS отображается в оперативной памяти, то можно включить (Enabled) кэширование области памяти по адресам системного BIOS через кэш второго уровня. Это заметно ускоряет доступ к BIOS. Однако в современных системах обращения к функциям BIOS чрезвычайно редки, следовательно, эта функция практически бесполезна

Параметр	**Video BIOS Cacheable**
Описание	Кэширование области BIOS видеоадаптера
Назначение	В современных системах отображение видео BIOS в системной памяти и кэширование данной области является пустой тратой ресурсов

Параметр	**Video RAM Cacheable**
Описание	Кэширование видеопамяти
Назначение	Абсолютно бесполезная для современных систем функция, поскольку скорость работы локальной видеопамяти заметно превышает возможности памяти оперативной

Параметр	**Memory Hole At 15M-16M**
Описание	Промежуток между 15-16 мегабайтом памяти
Назначение	Некоторые устаревшие карты расширения для шины ISA запрашивают эту область памяти для корректной работы. Эта функция — пережиток прошлого и не имеет применения в современных системах

Параметр	**8-bit I/O Recovery Time**
Описание	Время восстановления для восьмиразрядных устройств
Назначение	В компьютерах до сих пор встречаются устройства ввода-вывода, работающие с интерфейсом шины ISA, которая подключена к чипсету через шину PCI. Шина PCI работает на более высокой частоте, чем шина ISA, и для согласования устройств механизм восстановления шины ввода/вывода (I/O bus recovery mechanism) добавляет синхронизирующие циклы между циклами PCI, чтобы согласовать скорость с ISA

Параметр	**16-bit I/O Recovery Time**
Описание	Время восстановления для 16-разрядных устройств
Назначение	Все сказанное по поводу предыдущего параметра относится и к 16-разрядным устройствам

Параметр	**Passive Release**
Описание	Механизм параллельной работы шин ISA и PCI
Назначение	Если параметр Passive Release включен (Enabled), то доступ процессора к шине PCI разрешен во время пассивного разделения ресурсов. Следовательно, процессор может обращаться к шине PCI одновременно с обращением к шине ISA. В современных системах параметр не используется

Параметр	**Delayed Transaction**
Описание	Задержка транзакций на шине PCI
Назначение	Выбор периода ожидания шиной PCI обращений к более медленной шине ISA. Для современных систем параметр потерял актуальность

Параметр	**PCI 2.1 Compliance**
Описание	Совместимость с PCI 2.1
Назначение	Параметр по своей сути полностью повторяет описанные выше функции задержки обращений шины PCI. В современных системах не используется

Параметр	**AGP 2X/4X/8X Mode/Support**
Описание	Поддержка режимов AGP 2X/4X/8X
Назначение	Конкретное значение параметра зависит от модели системной платы. Как правило, современные материнские платы поддерживают режим AGP 8X. Выключение (Disabled) параметра возможно в тех случаях, когда режим не поддерживается графической картой или она работает нестабильно. Кроме того, разгон системной шины вызывает увеличение тактовой частоты шины AGP, что часто вызывает сбои и вынуждает отключать режим AGP 8X. Некоторые модели системных плат оснащают делителями частоты, способными выдавать на шины PCI и AGP «правильные» частоты независимо от частоты системной шины

Параметр	**AGP Aperture Size MB**
Описание	Размер апертуры AGP в мегабайтах
Назначение	Апертурой называют часть диапазона адресов оперативной памяти, отведенную под адреса графической памяти. Обращения к памяти, которые попадают в этот диапазон, пересылаются по шине AGP к локальной видеопамяти. Размер апертуры также определяет максимальный размер оперативной памяти, отведенной видеокарте для хранения текстур. Эмпирически определить размер апертуры AGP для видеокарт с памятью менее 32 Мбайт можно по формуле: удвоенный объем локальной видеопамяти плюс 12 Мбайт. Например, для видеокарты с объемом памяти 16 Мбайт желательно установить размер апертуры не менее 44 Мбайт, то есть в рамках допустимых значений — 64 Мбайт. Для видеокарт с объемом памяти 32 Мбайт и более не имеет смысла устанавливать значение больше 128 Мбайт. Размер апертуры очень незначительно влияет на производительность графической подсистемы, поэтому увеличение его сверх разумного предела нежелательно. Тенденция увеличения локальной видеопамяти и практика сжатия текстур приводит к тому, что необходимость в апертурах AGP объемом выше 128 Мбайт крайне редка. Поэтому для данного параметра рекомендуется устанавливать значение 64 или 128 Мбайт

Параметр	**AGP Master 1WS Read**
Описание	Уменьшение задержки до 1 цикла ожидания при считывании
Назначение	По умолчанию устройство AGP ожидает минимум два такта синхронизирующего сигнала на шине AGP до начала операции чтения. Рассматриваемый параметр позволяет уменьшить задержку до одного такта. Стабильность работы системы при включенной функции оценивается опытным путем: если на изображениях не видно артефактов, параметр оставляют включенным (Enabled)

Параметр	**AGP Master 1WS Write**
Описание	Уменьшение задержки до 1 цикла ожидания при записи
Назначение	По умолчанию устройство AGP ожидает минимум два такта синхронизирующего сигнала на шине AGP до начала операции записи. Рассматриваемый параметр позволяет уменьшить задержку до одного такта. Стабильность работы системы при включенной функции оценивается опытным путем: если на изображениях не видно артефактов, параметр оставляют включенным

Параметр	**USWC Write Posting**
Описание	Некэшируемая предсказанная комбинация записи
Назначение	Включение (Enabled) параметра Uncacheable Speculative Write Combination (USWC) улучшает производительность для систем на базе процессоров поколения P6, которые оснащены графическими картами с линейным буфером кадров. Благодаря слиянию записей малого размера в одну 64-битную запись уменьшается число пересылок данных в линейный буфер кадров графической карты. Однако в некоторых случаях такой прием приводит к сбоям графической системы. На современных системных платах параметр не используется

Параметр	**Spread Spectrum**
Описание	Снижение электромагнитного излучения
Назначение	На материнской плате обязательно присутствует основной генератор синхронизирующих импульсов и вспомогательные компоненты, задающие частоты для разных типов шин и элементов компьютера. Высокочастотные пульсации на шинах вызывают заметное электромагнитное излучение (ЭМИ), часто выходящее за пределы среды передачи. Выбор значения параметра Spead Spectrum понижает ЭМИ путем модуляции по времени и сглаживания пиковых выбросов задающих генераторов. Это повышает стабильность системы, но ухудшает производительность многих компонентов. Особенно критичны к активации параметра устройства, для которых важны временные параметры синхронизации. Процентное значение параметра показывает границы модуляции, осуществляемой BIOS: меньшее значение (0.25%) слабее влияет на производительность, а большее значение (0.5%) сильнее влияет на повышение стабильности системы. Некоторые версии BIOS имеют функцию Smart Clock. Вместо модулирования частоты импульсов по времени, Smart Clock отключает синхросигналы шин AGP, PCI и памяти, когда они не используются. Таким образом, повышение стабильности системы практически не влияет на производительность

Параметр	**BIOS Flash BIOS Protection**
Описание	Защита данных во флэш-памяти BIOS
Назначение	Защита BIOS от случайного повреждения пользователем или компьютерными вирусами. При установке значения Enabled (включено) данные, содержащиеся во флэш-памяти BIOS, не могут быть изменены, в том числе и утилиты для перезаписи (обновления) BIOS. Рекомендуется отключать этот параметр только перед операцией обновления BIOS

Параметр	**Auto Detect DIMM/PCI Clk**
Описание	Автоматическое определение необходимости синхронизации слотов DIMM/PCI
Назначение	При активизации (Enabled) параметра определяется занятость слотов шины PCI и оперативной памяти. Если в слотах не установлены компоненты, соответствующие синхроимпульсы отключаются. Для занятых слотов проводится автоматическое отключение при отсутствии обращения к ним. Включение (Enabled) параметра может незначительно снизить производительность компонентов, установленных в слоты расширения и подсистемы памяти. На стабильно функционирующей системе задействовать этот параметр нет необходимости

Параметр	**Hardware Reset Protect**
Описание	Защита от случайной перезагрузки компьютера
Назначение	Определение способа функционирования кнопки Reset. При включении параметра (Enabled) кнопка перезагрузки компьютера не работает. Это предотвращает случайный сброс системы на компьютерах, которые должны работать бесперебойно

Параметр	**Fast R-W Turn Around**
Описание	Быстрое переключение чтение-запись
Назначение	Установка значения Enabled (включено) уменьшает задержку, которая происходит в момент переключения команд обращения к памяти с чтения на запись. Однако не все модули памяти могут выдержать предложенный темп переключения, поэтому необходимость включения данной функции определяется опытным путем

Параметр	**AGP Driving Control**
Описание	Способ управления шиной AGP
Назначение	Выбор автоматического (Auto) или ручного (Manual) режима управления работой шины AGP. По умолчанию установлен автоматический режим. Однако для устранения сбоев в работе и «разгона» шины можно перейти в ручной режим. Рекомендуется применять ручной режим только опытным пользователям)

Параметр	**AGP Fast Write Capability**
Описание	Совместимость с режимом быстрой записи AGP
Назначение	Установка значения параметра Enabled (включено) задействует функцию быстрой записи в область адресов GART, минуя обычную процедуру обращения к памяти)

Параметр	**AGP Driving Value**
Описание	Интенсивность сигнала на шине AGP
Назначение	Для активации этого параметра необходимо перевести функцию настройки управления AGP (AGP Driving Control) в ручной режим (значение Manual). Значение определяет интенсивность сигнала шины AGP. Чем оно больше, тем сильнее сигнал. По умолчанию значение AGP Driving Value равно #DA(218). При использовании видеокарт серии nVIDIA GeForce2 рекомендуется установить значение #EA (234). Управляя данным параметром, можно разгонять шину AGP. По сути, более высокое значение AGP Driving Value оказывается еще одним способом разгона помимо повышения частоты шины. Однако будьте предельно осторожны, увеличивая значение параметра, так как существует вероятность необратимо повредить видеокарту!

Параметр	**CPU to PCI Write Buffer**
Описание	Буфер записи данных, поступающих от процессора на шину PCI
Назначение	При активизации (Enabled) параметра контролируется буфер записи данных, поступающих от процессора на шину PCI. Если буфер отключен, процессор пересылает данные непосредственно на шину PCI. Так как системная шина работает на более высоких тактовых частотах, чем шина PCI, операция записи данных практически всегда ожидает готовности шины PCI. В результате процессор не может перейти к другим задачам до тех пор, пока не закончена передача данных. Включение буфера позволяет процессору переслать до четырех слов данных в буфер и приступить к следующей операции, не дожидаясь окончания записи на шине PCI. Данные из буфера будут переданы на шину PCI в соответствии с ее тактами синхронизации.

Раздел Integrated Peripherals

Параметр	**IDE Function Setup**
Описание	Установка параметров интерфейса IDE
Назначение	Команда перехода в режим настройки параметров каналов IDE

Параметр	Onboard Device
Описание	Установка параметров интерфейсов, интегрированных на системной плате
Назначение	Команда перехода в режим настройки интерфейсов интегрированных устройств

Параметр	**Primary VGA BIOS**
Описание	Приоритет отображения BIOS видеокарты
Назначение	Значение параметра определяет, сообщение от какого BIOS будет выводиться на экран: от BIOS видеокарты, установленной в слоте PCI, или от видеокарты AGP. Это сообщение появляется первым, еще до вывода сообщений системного BIOS. Для современных систем рекомендуется значение AGP VGA Card

Параметр	**Super IO Device**
Описание	Устройства ввода-вывода
Назначение	Команда переводит в режим настройки интерфейсов устройств ввода-вывода

Параметр	**I nit Display First**
Описание	Приоритет отображения BIOS видеоконтроллера
Назначение	Значение параметра определяет, сообщение какого BIOS будет выводиться на экран: от BIOS видеокарты, установленной в слоте PCI, или от видеокарты AGP (либо от встроенного в чипсет графического ядра). Это сообщение появляется первым, еще до вывода сообщений системного BIOS. Для современных систем рекомендуется значение Onboard/AGP

Параметр	**Onboard IDE-1 Controller**
Описание	Контроллер первого канала IDE
Назначение	Включение (Enabled) или отключение (Disabled) первого канала интерфейса IDE. При установке значения Disabled все устройства, подключенные к этому каналу, перестанут функционировать. Если к каналу не подключено никакое устройство, желательно выставить значение Disabled с тем, чтобы освободить прерывание шины PCI

Параметр	**Onboard IDE-2 Controller**
Описание	Контроллер второго канала IDE
Назначение	Включение (Enabled) или отключение (Disabled) первого канала интерфейса IDE. При установке значения Disabled все устройства, подключенные к этому каналу, перестанут функционировать. Если к каналу не подключено ни одного устройства, желательно выставить значение Disabled с тем, чтобы освободить прерывание шины PCI

<table>
<tr><td>Параметр</td><td colspan="2">Master/Slave Drive PIO Mode</td></tr>
<tr><td>Описание</td><td colspan="2">Режим прямого доступа к памяти устройств IDE</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Назначение</td><td colspan="2">Выбор режима PIO (Programmed Input/Output — программный ввод/вывод) для устройств, подключенных к соответствующему каналу IDE. Рекомендуется выставить значение Auto, тем самым позволив BIOS автоматически определить режим РЮ для IDE устройства. Если режим РЮ, поддерживаемый устройством, не определяется автоматически, можно выставить его вручную (Manual). В целом режим РЮ для современных дисков считается устаревшим и практически не используется</td></tr>
<tr><td>Режимы передачи данных</td><td>Максимальная пропускная способность (Мбайт/с)</td></tr>
<tr><td>PIO Mode 0</td><td>3,3</td></tr>
<tr><td>PIO Mode 1</td><td>5,2</td></tr>
<tr><td>PIO Mode 2</td><td>8,3</td></tr>
<tr><td>PIO Mode 3</td><td>11,1</td></tr>
<tr><td>PIO Mode 4</td><td>16,6</td></tr>
<tr><td>PIO Mode 5</td><td>20</td></tr>
</table>

Параметр	**USB Controller**
Описание	Контроллер интерфейса USB
Назначение	Выделение прерываний для портов интерфейса USB (Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина). В отключенном состоянии контроллер не работает и прерывание не выделяется. Для современных систем рекомендуется установить значение Enabled

<table>
<tr><td>Параметр</td><td colspan="2">Master/Slave Drive UltraDMA</td></tr>
<tr><td>Описание</td><td colspan="2">Режим прямого доступа к памяти устройств IDE</td></tr>
<tr><td rowspan="10">Назначение</td><td colspan="2">Выбор режима UDMA (Ultra Direct Memory Access — скоростной прямой доступ к памяти) для устройств, подключенных к соответствующему каналу IDE. Рекомендуется выставить значение Auto, тем самым позволив BIOS автоматически определить режим UDMA для IDE-устройства. Следует выключать (Disabled) параметр только в целях выявления конфликтов. Для того чтобы DMA-режимы работали в операционных системах Windows 9x, необходимо включить поддержку DMA в свойствах накопителя (Пуск • Настройка • Панель управления • Система • Устройства • Дисковые накопители • Свойства • Настройка • DMA)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Режимы прямого доступа к памяти</td></tr>
<tr><td>Режимы передачи данных</td><td>Максимальная пропускная способность (Мбайт/с)</td></tr>
<tr><td>DMA Mode 0</td><td>4,16</td></tr>
<tr><td>DMA Mode 1</td><td>13,3</td></tr>
<tr><td>DMA Mode 2</td><td>16,6</td></tr>
<tr><td>UltraDMA Mode 4</td><td>33,3</td></tr>
<tr><td>UltraDMA Mode 5</td><td>66,7</td></tr>
<tr><td>UltraDMA Mode 6</td><td>100,0</td></tr>
<tr><td>UltraDMA Mode 7</td><td>133</td></tr>
</table>

Параметр	**USB Controller**
Описание	Контроллер интерфейса USB
Назначение	Выделение прерываний для портов интерфейса USB (Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина). В отключенном состоянии контроллер не работает и прерывание не выделяется. Для современных систем рекомендуется установить значение Enabled

Параметр	**OnChipUSB**
Описание	Встроенный контроллер интерфейса USB
Назначение	Параметр полностью аналогичен рассмотренному выше. Для современных систем рекомендуется установить значение Enabled

Параметр	**USB Controllers version**
Описание	Версия интерфейса USB
Назначение	Значение параметра определяет режим поддержки версий интерфейса USB. В отключенном состоянии (Disabled) поддерживается устаревшая версия 1.0. Если выставлено значение V1.0+V2.0, то поддерживаются обе версии — устаревшая и современная (версия 2.0). Рекомендуется установить значение параметра V1.0+V2.0

Параметр	**USB Keyboard Support**
Описание	Поддержка клавиатуры USB
Назначение	Включение поддержки USB-клавиатуры. Рекомендуется использовать такую клавиатуру и, соответственно, выставить значение параметра Enabled

Параметр	**USB Legacy Support**
Описание	Наследование свойств устаревших интерфейсов
Назначение	Под наследованием свойств понимается поддержка устаревших интерфейсов клавиатуры (в том числе PS/2) при подключении устройства к порту USB. Имеется в виду, прежде всего, поддержка в режиме DOS, поскольку в операционной среде Windows клавиатура поддерживается на уровне операционной системы. При подключении к компьютеру клавиатуры через порт USB рекомендуется выставить значение Enabled (включено)

Параметр	**USB Mouse Support**
Описание	Поддержка мыши USB
Назначение	Поддержка мыши с интерфейсом USB. Рекомендуется использовать такую мышь и, соответственно, выставить значение параметра Enabled (включено)

Параметр	**Onboard AC97 Audio Controller**
Описание	Интегрированный звуковой контроллер с интерфейсом AC'97
Назначение	Выбор режима подключения встроенного в системную плату звукового устройства, имеющего интерфейс AC'97. Если используется отдельная звуковая плата, рекомендуется выставить значение Disabled (выключено) с тем, чтобы освободить прерывание

Параметр	**Onboard MC97 Modem Controller**
Описание	Интегрированный модем с интерфейсом MC'97
Назначение	Выбор режима подключения встроенного в системную плату модема, имеющего интерфейс MC'97. Если используется отдельная плата модема, рекомендуется выставить значение Disabled (выключено) с тем, чтобы освободить прерывание

Параметр	**Onboard LAN**
Описание	Интегрированный контроллер локальной сети
Назначение	Выбор режима подключения встроенного в системную плату контроллера локальной сети, как правило, имеющего интерфейс Ethernet. Если используется отдельная сетевая плата, рекомендуется выставить значение Disabled (выключено) с тем, чтобы освободить прерывание

Параметр	**Onboard 1394 Device**
Описание	Интегрированный контроллер интерфейса 1394
Назначение	Выбор режима подключения встроенного в системную плату контроллера последовательного высокоскоростного интерфейса IEEE1394 (FireWire). Если контроллер не задействован, рекомендуется выставить значение Disabled (выключено) с тем, чтобы освободить прерывание

Параметр	**Case Open Warning**
Описание	Детектор вскрытия корпуса
Назначение	Некоторые системные платы имеют механический или оптический датчик вскрытия корпуса, который инициирует сигнал тревоги. Датчик подключается через выделенные контакты на системной плате и задеиствуется через установку значения Enabled (включено)

Параметр	**Onboard FDC Controller**
Описание	Встроенный контроллер привода гибких дисков
Назначение	Режим подключения встроенного контроллера FDD. В современных системах дисковод гибких дисков часто вообще не используют, поэтому есть возможность выбрать значение Disabled (выключено), чтобы освободить прерывание (IRQ)

Параметр	**Floppy Disk Access Controller**
Описание	Контроллер доступа к гибкому диску
Назначение	Параметр полностью аналогичен предыдущему. Если дисковод гибких дисков не используется, рекомендуется отключить контроллер

Параметр	**Onboard Serial Port 1**
Описание	Последовательный порт COM1
Назначение	Параметр позволяет отключать последовательный порт или вручную устанавливать адрес порта ввода-вывода и прерывание. Обычно по умолчанию стоит стандартное значение адреса 3F8. Если есть необходимость изменить конфигурацию портов, что бывает при подключении к ним нескольких устройств, следует выбрать значении Auto. В том случае, если не удалась автоматическая конфигурация, можно «развести» устройства по портам вручную. Если последовательные порты не задействованы, следует выставить значение Disabled (выключено), освобождая прерывание

Параметр	**Onboard Serial Port 2**
Описание	Последовательный порт COM2
Назначение	Параметр аналогичен приведенному выше, но для порта COM2

Параметр	**UART2 Mode Select**
Описание	Режим работы контроллера последовательных портов UART2
Назначение	Выбор режима работы последовательных портов COM. В стандартном режиме порт поддерживает обычный интерфейс RS-232. В режиме HPSIR включается интерфейс последовательного инфракрасного порта спецификации 1.0. В режиме ASKIR обеспечивается дуплексный обмен по инфракрасному каналу со скоростью до 570 Кбит/с

Параметр	**UART2 Use As**
Описание	Режим использования UART2 (контроллера последовательных портов COM)
Назначение	Выбор режима работы последовательных портов COM. В режиме COM Port поддерживается обычный интерфейс RS-232. При выборе значения IR подключается интерфейс последовательного инфракрасного порта (в дуплексном режиме)

Параметр	**Onboard IR Function**
Описание	Функции инфракрасного порта
Назначение	Выбор режима работы инфракрасного порта. В режиме IrDA спецификации 1.1 поддерживаются варианты Slow Infra Red (115 Кбит/с); Middle Infra Red (1,2 Мбит/с); Fast Infra Red (4 Мбит/с). Режим HPSIR (Hewlett Packard Slow Infra Red) обеспечивает скорость 115 Кбит/с. Режим ASKIR (Amplitude Shifted Key Infra Red) фирмы Sharp поддерживает скорости до 570 Кбит/с.

Параметр	**Duplex Select**
Описание	Дуплексный режим
Назначение	Выбор режима работы инфракрасного порта. При установке значения Full-Duplex (полный дуплекс) поддерживается синхронный двунаправленный обмен данными. В режиме Half-Duplex (полудуплексный) обмен данными происходит с выделением временных промежутков для приема и передачи каждому устройству. Выбор конкретного режима зависит от возможностей внешнего устройства с интерфейсом IrDA.

Параметр	**Onboard Parallel Port**
Описание	Встроенный параллельный порт
Назначение	Параметр позволяет назначать адреса ввода-вывода и прерывания для встроенного параллельного порта. По умолчанию выставлено значение адреса 378H и прерывание IRQ7. Рекомендуется изменять значение вручную только в случае конфликтов с устройствами, подключаемыми к параллельному порту

Параметр	**Parallel Port Mode**
Описание	Режим работы параллельного порта
Назначение	По умолчанию установлено значение Normal (SPP — стандартный параллельный порт). Это позволяет работать с любыми устройствами, подключаемыми к параллельному порту, однако скорость передачи в данном случае невысока. Режимы ECP (Extended Capability Port — порт с расширенными возможностями) и EPP (Enhanced Parallel Port — расширенный параллельный порт) являются двунаправленными. Режим ECP использует протокол прямого доступа к памяти DMA, обеспечивает пропускную способность до 2,5 Мбит/с, поддерживает симметричный двунаправленный канал обмена данными. В режиме EPP используются стандартные сигналы параллельного порта для осуществления асимметричного двунаправленного обмена данными. Если устройство поддерживает двунаправленную передачу данных, но конкретный протокол неизвестен, можно выставить значение параметра ECP+EPP

Параметр	**ECP Mode Use DMA**
Описание	Выбор канала DMA в режиме ECP
Назначение	Подключение канала прямого доступа к памяти при работе параллельного порта в режиме ECP. Для этого необходимо выставить значение ECP или ECP+EPP предыдущего параметра (Parallel Port Mode). Обычно значение по умолчанию Channel 3 не вызывает проблем

Параметр	**Onboard Game Port**
Описание	Встроенный контроллер игрового порта
Назначение	Подключение и адресация встроенного игрового порта (разъем DB-15S). По умолчанию выставлено значение 201H. Если игровой манипулятор (джойстик) подключен к порту USB или к разъему DB-15S на звуковой карте, рекомендуется выставить значение Disabled с тем, чтобы освободить ресурсы компьютера

Параметр	**Onboard MIDI I/O**
Описание	Адрес порта ввода-вывода для интерфейса MIDI
Назначение	Подключение и адресация встроенного порта цифрового интерфейса музыкальных инструментов (MIDI). По умолчанию выставлено значение 33OH. Физически порт MIDI совмещен с игровым портом GAME на разъеме DB-15S, а для подключения музыкального устройства требуется переходной адаптер, реализующий интерфейс «токовая петля». Вручную изменять адрес можно при обнаружении конфликтов с другими устройствами (рекомендуется для опытных пользователей)

Параметр	**Onboard MIDI IRQ**
Описание	Назначение прерывания для интерфейса MIDI
Назначение	Выделение прерывания для встроенного порта цифрового интерфейса музыкальных инструментов (MIDI). По умолчанию выставлено значение 10. Вручную изменять прерывание можно при обнаружении конфликтов с другими устройствами (рекомендуется для опытных пользователей)

Раздел Power Management Setup

Параметр	**ACPI function**
Описание	Поддержка ACPI
Назначение	Подключение расширенного интерфейса управления питанием и конфигурирования системы (ACPI). Рекомендуется выставить значение Enabled (включено) для всех современных систем. Функция Disabled (выключено) требуется в том случае, если проявляются конфликты с какими-то компонентами системы. В операционной системе Windows XP многие службы базируются на интерфейсе ACPI, и потому его отключение нежелательно. Интерфейс ACPI предусматривает несколько режимов функционирования компьютера: нормальный (Normal), ограниченный (Doze), ожидания (Standby), спящий (Suspend) и «мягкое» выключение (Soft Off). Отключение цепей питания компьютера в режиме Soft Off происходит не полностью. На системную плату поступает напряжение +5VSB. Для полноценной поддержки ACPI требуется, чтобы блок питания обеспечивал по этой цепи ток не менее 1 А

Параметр	**Suspend Mode**
Описание	Переход в спящий режим
Назначение	Выбор интервала времени, по истечении которого компьютер переходит в спящий режим (если по истечении заданного промежутка времени нет обращений к компонентам компьютерной системы)

Параметр	**ACPI Suspend Type**
Описание	Способ перехода в режим «засыпания»
Назначение	Вариант S1 (Power On Suspend) предусматривает завершение работы приложений с сохранением документов и фактическое выключение компьютера, кроме контрольных цепей, следящих за сигналами выхода из спящего состояния. Вариант S2 (Suspend To Disk) предусматривает запись текущего состояния системы на жесткий диск и восстановление его при возврате в нормальный режим работы системы. Вариант S3 (Suspend To RAM) позволяет быстро сохранять состояние системы в оперативной памяти и восстанавливать его практически мгновенно. В случае восстановления памяти системная плата должна поддерживать функции STR, поскольку оперативная память требует непрерывного обновления содержимого. Это значит, что на модули необходимо подавать напряжение, в отличие от остальных вариантов «сна». Для современных систем рекомендуется выставлять значение S3 (STR)

Параметр	**ACPI Suspend To RAM**
Описание	Сохранение состояния системы в памяти
Назначение	Режим сохранения состояния системы в оперативной памяти. Для современных компьютеров рекомендуется выставить значение Enabled (включено)

Параметр	**Power On Function**
Описание	Метод включения
Назначение	Выбор метода, которым можно включить компьютер. При выборе значения Button Only (только кнопкой) система будет включаться после нажатия кнопки питания (Power) на корпусе. Остальные варианты позволяют запускать систему, используя клавиатуру и мышь. Функция Keyboard 98 работает только с клавиатурами спецификации Windows 98, имеющими специальную клавишу включения питания. Кроме того, операционная система должна быть версии Windows 98 или «моложе». Для клавиатур со стандартной раскладкой можно выставить значение Hot Key (горячая клавиша) и назначить соответствующую клавишу для запуска данной процедуры. Разрешается задействовать для запуска кнопки мыши (Mouse Left и Mouse Right). Подчеркнем, что запуск системы поддерживается только мышами с интерфейсом PS/2. Мыши, использующие последовательный COM-порт или USB, эту функцию не поддерживают. Очевидно, что продвинутые функции управления питанием работают только в компьютерах с блоками питания ATX
Внимание! Выключение блока питания расположенным на нем выключателем полностью обесточивает системную плату и, тем самым, отключает все функции ACP	

Параметр	**Soft-Off By PWR-BTTN**
Описание	Переход в режим сна кнопкой Power
Назначение	Определение реакции системы на удержание кнопки Power системного блока менее 4 секунд. При установке значений Delay 4 Sec. или Suspend система переходит в спящий режим. Если кнопка удерживается более 4 секунд, питание системного блока отключается немедленно. Выбор значений Instant Off или Soft Off означает выключение системы при удержании кнопки Power с любой продолжительностью

Параметр	**USB KB/Mouse Wake From S3**
Описание	Переход в нормальный режим по сигналу клавиатуры/мыши с интерфейсом USB
Назначение	Значение Enabled (включено) данного параметра используют, если предусмотрен перевод системы в нормальный режим по сигналу, поступающему с мыши или клавиатуры, подключенных через интерфейс USB

Параметр	**Video Off Method**
Описание	Метод отключения монитора
Назначение	Выбор метода перевода монитора в спящий режим. Выбор значения Blank Screen приводит к отключению сигнала яркости, и экран монитора становится черным. При установке значения V/H SYNC + Blank отключаются сигналы яркости, вертикальной и горизонтальной синхронизации. Значение DPMS Support воздействует только на мониторы с поддержкой технологии Display Power Management Signaling (управление сигналами питания монитора). В этом случае снижается энергопотребление монитора за счет отключения высоковольтных цепей. Монитор DPMS способен распознавать управляющие и контрольные сигналы ACPI, передаваемые BIOS через интерфейс VGA и не требует никаких дополнительных каналов управления. Однако вывод монитора из режима спячки DPMS занимает сравнительно продолжительное время, так как необходимо «разогреть» высоковольтные цепи и восстановить мощные электромагнитные поля управления лучами

Параметр	**Modem Use IRQ**
Описание	Выделение прерывания для модема
Назначение	Выделение прерывания внутреннему модему, который может использоваться для восстановления нормального режима работы. Для современных систем этот параметр неактуален, поскольку они автоматически могут определять нужное прерывание и питать необходимые цепи в спящем режиме

Параметр	**Power On By PCI Card**
Описание	Возврат системы в нормальный режим по сигналу устройства PCI
Назначение	Значение Enabled (включено) данного параметра используют в том случае, если предусмотрен возврат системы в нормальный режим по сигналу, поступающему с карты PCI, например от сетевой карты

Параметр	**Video Off Option**
Описание	Отключение монитора
Назначение	Выбор режима отключения монитора при переходе компьютера в спящий режим. При выборе значения Suspend Off на монитор передаются соответствующие сигналы с видеокарты. Конкретный метод отключения определяется параметром Video Off Method

Параметр	**Power On By Modem/LAN**
Описание	Возврат системы в нормальный режим по сигналу модема или сетевой карты
Назначение	Значение Enabled (включено) данного параметра используют в том случае, если предусмотрен возврат системы в нормальный режим по сигналу, поступающему от модема или сетевой карты

Параметр	**Wake-Power Up On Ext. Modem**
Описание	Возврат системы в нормальный режим по сигналу внешнего модема
Назначение	Значение Enabled (включено) данного параметра используют в том случае, если предусмотрен возврат системы в нормальный режим по сигналу, поступающему от внешнего модема

Параметр	**ModemRingOn/WakeOnLan**
Описание	Возврат системы в нормальный режим по сигналу модема или сетевой карты
Назначение	Значение Enabled (включено) данного параметра используют в том случае, если предусмотрен возврат системы в нормальный режим по сигналу, поступающему от модема или сетевой карты

Параметр	**Automatic Power Up**
Описание	Автоматическое управление питанием
Назначение	При активизации данного параметра (установка значения Enabled) становится возможной настройка параметра возврата системы в нормальный режим по сигналу таймера

Параметр	**Power On By Alarm**
Описание	Возврат системы в нормальный режим по сигналу таймера
Назначение	При активизации данного параметра (установка значения Enabled) становится возможной настройка параметра возврата системы в нормальный режим по сигналу таймера

Параметр	**Time (hh:mm:ss) of Alarm**
Описание	Время срабатывания таймера
Назначение	Установка времени пробуждения компьютера на основе 24-часового цикла. Все значения рассчитываются относительно показаний системных часов (см. раздел Standard CMOS Features)

Параметр	**Resume by Alarm**
Описание	Возврат в нормальный режим работы по сигналу таймера
Назначение	При включении данного параметра (установке значения Enabled) активируются поля ввода даты (ежедневно или по дате текущего месяца) и времени (в формате часов, минут, секунд) срабатывания таймера пробуждения системы

Параметр	**HDD Down In Suspend**
Описание	Отключение питания жесткого диска
Назначение	В нормальном режиме работы все компоненты жесткого диска (контроллер, приводы дисков и головок) непрерывно получают питание. С целью экономии электроэнергии и снижения уровня шумов в спящем режиме был введен параметр, позволяющий отключать питание приводов. В этом случае только контроллер находится в ожидании сигнала на восстановление нормального состояния

Параметр	**CPU Thermal-Throttling**
Описание	Управление тепловым режимом процессора
Назначение	Выбор режима принудительного снижения производительности процессора. Когда термический датчик, встроенный в процессор, выдает сигнал о превышении температуры, в рабочий цикл процессора принудительно вставляются «холостые» процедуры. Значения параметра задают процентное отношение рабочего цикла процессора по отношению к общему времени функционирования. Данный параметр применим только к процессорам, имеющим схему контроля температуры (Intel Pentium III, Pentium 4, Celeron, последние модификации AMD Athlon XP, новые процессоры Opteron и Athlon 64)

Параметр	**AC Power Loss Re-Start**
Описание	Восстановление системы после отключения питания
Назначение	Выбор алгоритма действий системы после сбоя системы электропитания. Выбор значения Disabled (выключено) означает, что после восстановления напряжения в сети компьютер останется выключенным. При установке значения Enabled (включено) компьютер будет перезагружен. Значение Previous State необходимо задать в том случае, если надо восстановить точно такое же состояние системы, которое было до исчезновения напряжения в электросети

Параметр	**HDD Power Down**
Описание	Отключение питания жесткого диска
Назначение	Установка времени ожидания, по истечении которого отключается питание приводов жесткого диска (если в течение заданного времени обращений к жесткому диску не происходит)

Параметр	**Power LED in Suspend**
Описание	Режим работы светодиода индикатора питания в спящем режиме
Назначение	Выбор режима функционирования светодиода индикатора питания на системном блоке при переходе компьютера в спящий режим. Установка значения Blinking означает работу светодиода в прерывистом режиме, при выборе значения On светодиод горит постоянно. Если установлено значение Off/Dual, то одинарный светодиод отключается, а индикатор с двумя светодиодами переключается на другой цвет

Параметр	**Primary/Secondary IDE 0/1**
Описание	Мониторинг жесткого диска 0/1 на первичном/вторичном каналах IDE
Назначение	Установка значения Enabled (включено) задействует мониторинг жестких дисков в спящем режиме с целью проверки поступления сигнала возврата в нормальный режим работы

Параметр	**Fan Off in Suspend**
Описание	Отключение вентилятора процессора в спящем режиме
Назначение	При установке значения Enabled (включено) вентилятор процессора отключается при переходе в спящий режим

Параметр	**FDD, COM, LPT Port**
Описание	Мониторинг дисковода гибких дисков, последовательного и параллельного портов
Назначение	Установка значения Enabled (включено) задействует мониторинг дисковода гибких дисков, последовательного и параллельного портов в спящем режиме с целью проверки поступления сигнала возврата в нормальный режим работы

Параметр	**PCI PIRQ [A-D]**
Описание	Мониторинг устройств в слотах PCI
Назначение	Установка значения Enabled (включено) задействует мониторинг активности устройств на шине PCI в спящем режиме с целью проверки поступления сигнала на переход в нормальный режим работы

Все перечисленные выше установки для управления функциями *ACPI* работают только в том случае, если в операционной системе проведены соответствующие настройки параметров энергосбережения (Пуск • Настройка • Панель управления • Электропитание). По опыту эксплуатации можно утверждать, что полноценно функции *ACPI* поддерживаются только в *Windows XP* при условии комплектации системы современными компонентами.

Раздел PNP/PCI Configuration

Параметр	**PNP OS Installed**
Описание	Поддержка операционной системой функций Plug&Play
Назначение	Полезно активировать (Enabled) в тех случаях, когда установленная на компьютере операционная система не поддерживает функций автоматического конфигурирования устройств (Plug&Play). Операционные системы семейства Windows 9X/Me/NT/2000/XP игнорируют значение этого параметра и берут функции конфигурирования устройств на себя. Пользователи UNIX-подобных операционных систем (например, Linux) должны поставить значение No и проводить конфигурирование устройств средствами BIOS. В некоторых современных версиях Linux появились утилиты автоматического конфигурирования устройств на шине PCI, что позволяет выставлять значение параметра Yes. Конкретные рекомендации должны быть указаны в документации, приложенной к операционной системе

Параметр	**Reset Configuration Data**
Описание	Обновление базы данных конфигурации устройств
Назначение	Расширенная система (база) данных конфигурирования устройств (Extended System Configuration Data, ESCD), встроенная в BIOS, хранит значения прерываний (IRQ), каналов прямого доступа к памяти (DMA), адресов ввода-вывода (I/O Address) всех устройств, установленных на шинах ISA, PCI и AGP. В повседневной работе следует выставить значение Disabled. Если после подключения нового устройства обнаружен конфликт ресурсов, установите значение Enabled и перезагрузите компьютер. В этом случае во время процедуры POST все данные по конфигурации будут сброшены и BIOS попытается «справедливо» распределить ресурсы для всех обнаруженных компонентов. При следующей загрузке системы значение параметра автоматически изменится на Disabled

Параметр	**Resource Controlled By**
Описание	Функция распределения ресурсов
Назначение	BIOS умеет автоматически конфигурировать все устройства, поддерживающие технологию Plug&Play. При отсутствии конфликтов, неустранимых средствами операционной системы, задайте значение Auto — BIOS сможет автоматически распределять прерывания и каналы прямого доступа к памяти. Расположенные ниже поля установки (например, IRQ Resources) исчезнут или станут недоступными. Если ни операционная система, ни средства автоматического конфигурирования BIOS не справились с распределением ресурсов и возник конфликт устройств, задайте значение Manual, что откроет доступ к полю ручной настройки IRQ Resources. Каждому прерыванию (поле IRQ-X assigned to) можно указать значение PCI Device (устройство PCI), Legacy ISA (наследованные, то есть устаревшие, устройства ISA) или Reserved (зарезервировано). Устройства Legacy ISA соответствуют устаревшей спецификации PC AT bus и требуют для нормального функционирования монопольного доступа к прерыванию. В отличие от них, устройства PCI могут совместно использовать одно прерывание

Параметр	**PIRQ_0 Use IRQ No. ... PIRQ_3 Use IRQ No.**
Описание	Индивидуальное распределение прерываний
Назначение	Установка прерывания индивидуально каждому устройству на шинах PCI и AGP. Устройство на каждом слоте PCI может использовать до четырех прерываний: INT A, INT B, INT C и INT D. Устройство на слоте AGP может активизировать два прерывания: INT A и INT B. Считается вполне нормальным, когда каждый слот в качестве основного использует прерывание INT A. Остальные прерывания играют роль резерва на тот случай, если PCI/AGP-устройство потребует более одного прерывания или запрашиваемое прерывание будет в текущий момент занято. Заметим, что слот AGP и слот PCI #1 образуют пару, занимающую одно общее прерывание. Подобную пару образуют также слоты PCI #4 и PCI#5

<table>
<tr><td>Параметр</td><td colspan="5">PIRQ 0 Use IRQ No. ... PIRQ 3 Use IRQ No.</td></tr>
<tr><td>Описание</td><td colspan="5">Индивидуальное распределение прерываний</td></tr>
<tr><td rowspan="7">Назначение</td><td colspan="5">Установка прерывания индивидуально каждому устройству на шинах PCI и AGP.
Устройство на каждом слоте PCI может использовать до четырех прерываний: INT A, INT B, INT C и INT D. Устройство на слоте AGP может активизировать два прерывания: INT A и INT B. Считается вполне нормальным, когда каждый слот в качестве основного использует прерывание INT A. Остальные прерывания играют роль резерва на тот случай, если PCI/AGP-устройство потребует более одного прерывания или запрашиваемое прерывание будет в текущий момент занято. Заметим, что слот AGP и слот PCI #1 образуют пару, занимающую одно общее прерывание. Подобную пару образуют также слоты PCI #4 и PCI#5</td></tr>
<tr><td>Сигнал</td><td>AGP Slot/
PCI Slot 1</td><td>PCI Slot 2</td><td>PCI Slot 3</td><td>PCI Slot
4/PCI Slot5</td></tr>
<tr><td>PIRQ 0</td><td>INT A</td><td>INT D</td><td>INT C</td><td>INT B</td></tr>
<tr><td>PIRQ 1</td><td>INT B</td><td>INT A</td><td>INT D</td><td>INT C</td></tr>
<tr><td>PIRQ 2</td><td>INT C</td><td>INT B</td><td>INT A</td><td>INT D</td></tr>
<tr><td>PIRQ 3</td><td>INT D</td><td>INT C</td><td>INT B</td><td>INT A</td></tr>
<tr><td colspan="5">Для назначения прерывания вручную следует прежде всего определить, в каком слоте PCI установлено устройство. Далее по таблице определяем основное программируемое прерывание PIRQ. Допустим, сетевая карта установлена в слот PCI #3. Находим ячейку с каналом прерывания INT A (оно является основным для все устройств PCI) и определяем номер программируемого запроса прерывания — это будет PIRQ 2. Далее назначаем для PIRQ 2 то прерывание, которое «требует» сетевая карта, например IRQ 7. В результате BIOS выделит прерывание IRQ 7 третьему слоту PCI. Здесь важно помнить, что BIOS всегда пытается назначить PIRQ на канал INT A для каждого слота</td></tr>
</table>

Многие современные операционные системы (например, *Windows XP)* игнорируют распределение ресурсов, заданное в *BIOS,* и самостоятельно конфигурируют устройства, «прописанные» в системе.

Раздел PC Health Status/Hardware Monitor

Наличие данного раздела свидетельствует, как правило, о качестве системной платы и серьезном подходе изготовителя к ее проектированию.

Каждая фирма по-своему составляет меню раздела, поскольку возможности чипсетов, систем контроля и управления материнских плат сильно различаются. В качестве примера рассмотрим меню раздела *PC Health Status* системной платы *Gigabyte GA-9OXM7E.*

Поле *Reset Case Open Status* предназначено для мониторинга состояния корпуса. Если крышка корпуса открыта, для системы охлаждения создаются условия, отличные от условий штатного режима (при закрытом корпусе). Поэтому система контроля должна знать, в каком режиме работает система охлаждения.

Несколько следующих полей предназначены для вывода информации о текущих значений напряжений, выдаваемых блоком питания системы и материнской платы. По стабильности этих параметров можно судить о качестве блока питания и цепей питания системной платы.

Поле *Current CPU Temperature* позволяет контролировать температуру ядра процессора. Надо заметить, что при работе в окне *BIOS Setup* процессор функционирует в щадящем режиме и значение температуры ядра при решении тяжелых задач может сильно возрастать.

В полях *CPU Fan Speed, Power FAN Speed, System FAN Speed* показаны частоты вращения вентилятора системы охлаждения процессора, блока питания и чипсета соответственно.

В поле *CPU Temperature Select* устанавливают верхнюю границу температуры, превышение которой вызовет снижение нагрузки на процессор за счет увеличения доли холостых циклов.

В поле *CPU Shutdown Temperature* устанавливают верхнюю границу температуры, превышение которой вызовет отключение питания процессора.

Далее расположены поля, определяющие работоспособность вентиляторов системы охлаждения. При выборе значения *Enabled* остановка соответствующего вентилятора вызовет сигнал тревоги (подается через системный динамик компьютера).

Раздел Frequency/Voltage Control

Содержание этого раздела зависит от возможностей, предоставленных пользователю разработчиками чипсета и материнской платы. В системных платах, именуемых «оверклокерскими», иногда предлагаются такие функции управления параметрами частот и напряжений, которые способны вывести из строя компоненты системы. Поэтому к изменению значений, установленных по умолчанию, следует подходить чрезвычайно осторожно.

Параметр	**CPU External Frequency**
Описание	Частота системной шины
Назначение	Выбор физической частоты системной шины. Почти все модели современных процессоров используют ее как опорную частоту, а эквивалентную (эффективную) частоту шины получают путем регистрации фронта и спада сигнала (удвоение частоты используется в системной шине для процессоров AMD) или различения четырех состояний дифференциальной линии (учетверение частоты используется в системной шине для процессоров Pentium 4). Таким образом, установка значения 133 МГц данного параметра даст эффективную частоту FSB в системах для процессоров AMD — 266 МГц, в системах для процессоров Pentium 4 — 533 МГц

Параметр	**CPU Frequency Multiple Setting**
Описание	Режим определения коэффициента умножения частоты процессора
Назначение	Выбор режима управления внутренним множителем процессора, который устанавливает рабочую частоту путем умножения частоты FSB на некоторый коэффициент. Большинство современных процессоров не допускает внешней установки коэффициента умножения

Параметр	**CPU Frequency Multiple**
Описание	Коэффициент умножения частоты FSB
Назначение	В случае установки значения Manual параметра CPU Frequency Multiple Setting становится возможным выбор значения коэффициента умножения вручную. Большинство современных процессоров не допускают внешней установки коэффициента умножения

Параметр	**CPU** Vcore
Описание	Напряжение питания ядра процессора
Назначение	Установка напряжения питания ядра вручную иногда используется при разгоне процессора сверх рабочих частот, заявленных изготовителем. Превышение значений, указанных изготовителем, чревато выходом процессора из строя и потерей гарантии. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**CPU Vcore Setting**
Описание	Режим установки напряжения питания ядра процессора
Назначение	При выборе значения Manual данного параметра появляется возможность установки напряжения питания ядра процессора вручную

Параметр	**Memory Frequency**
Описание	Частота шины памяти
Назначение	Установка значения частоты шины памяти. По умолчанию выставлено значение by SPD (по данным производителя). Данный параметр актуален при установке в системе специально подобранных модулей памяти, которые могут работать на частотах, превышающих утвержденные стандарты. Например, компания Kingston выпускает модули памяти DDR SDRAM PC3500 с эффективной частотой 434 МГц, что означает необходимость установки частоты шины памяти 217 МГц

Параметр	**AGP Frequency**
Описание	Частота шины AGP
Назначение	Выбор вручную частоты графической шины AGP. В режиме Auto частота на шине задается в соответствии со стандартами AGP 2.0 или AGP 3.0. В ручном режиме можно установить повышенные значения частот, что способствует разгону видеокарты. Однако далеко не все изделия лояльно воспринимают разгон «по шине». Некоторые видеокарты могут выйти из строя. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**AGP VDDQ Voltage**
Описание	Напряжение питания видеокарты на шине AGP
Назначение	Выбор вручную напряжения питания на шине AGP. Превышение напряжений, заданных стандартами AGP 2.0 или AGP 3.0, способствует разгону видеокарты. Некоторые видеокарты могут выйти из строя в результате такой операции. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**DIMM Voltage Regulator**
Описание	Напряжение питания модулей памяти
Назначение	Выбор вручную напряжения питания модулей памяти. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**AGP Voltage Regulator**
Описание	Напряжение питания шины AGP
Назначение	Выбор вручную напряжения питания шины AGP. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**CPU Voltage Regulator**
Описание	Напряжение питания ядра процессора
Назначение	Выбор вручную напряжения питания ядра процессора. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**Auto Detect DIMM/PCI Clk**
Описание	Автоматическое определение частот шины памяти и шины PCI
Назначение	В случае установки значения Manual параметра CPU Frequency Multiple Setting становится возможным выбор значения коэффициента умножения вручную. Большинство современных процессоров не допускают внешней установки коэффициента умножения

Параметр	**Memory** Frequency
Описание	Частота шины памяти
Назначение	Установка значения частоты шины памяти. По умолчанию выставлено значение by SPD (по данным производителя). Данный параметр актуален при установке в системе специально подобранных модулей памяти, которые могут работать на частотах, превышающих утвержденные стандарты. Например, компания Kingston выпускает модули памяти DDR SDRAM PC3500 с эффективной частотой 434 МГц, что означает необходимость установки частоты шины памяти 217 МГц

Параметр	**CPU Vcore Setting**
Описание	Режим установки напряжения питания ядра процессора
Назначение	При выборе значения Manual данного параметра появляется возможность установки напряжения питания ядра процессора вручную

Параметр	**CPU Vcore**
Описание	Напряжение питания ядра процессора
Назначение	Установка напряжения питания ядра вручную иногда используется при разгоне процессора сверх рабочих частот, заявленных изготовителем. Превышение значений, указанных изготовителем, чревато выходом процессора из строя и потерей гарантии. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**AGP Frequency**
Описание	Частота шины AGP
Назначение	Выбор вручную частоты графической шины AGP. В режиме Auto частота на шине задается в соответствии со стандартами AGP 2.0 или AGP 3.0. В ручном режиме можно установить повышенные значения частот, что способствует разгону видеокарты. Однако далеко не все изделия лояльно воспринимают разгон «по шине». Некоторые видеокарты могут выйти из строя. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**AGP VDDQ Voltage**
Описание	Напряжение питания видеокарты на шине AGP
Назначение	Выбор вручную напряжения питания на шине AGP. Превышение напряжений, заданных стандартами AGP 2.0 или AGP 3.0, способствует разгону видеокарты. Некоторые видеокарты могут выйти из строя в результате такой операции. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**DIMM Voltage Regulator**
Описание	Напряжение питания модулей памяти
Назначение	Выбор вручную напряжения питания модулей памяти. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**AGP Voltage Regulator**
Описание	Напряжение питания шины AGP
Назначение	Выбор вручную напряжения питания шины AGP. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**CPU Voltage Regulator**
Описание	Напряжение питания ядра процессора
Назначение	Выбор вручную напряжения питания ядра процессора. Рекомендуется использовать только ОЧЕНЬ ОПЫТНЫМ пользователям

Параметр	**Auto Detect DIMM/PCI** Clk
Описание	Автоматическое определение частот шины памяти и шины PCI
Назначение	Выбор режима функционирования делителя частоты чипсета. При установке значения Enabled (включено) применяются коэффициенты деления, принятые в чипсете по умолчанию

Параметр	**AGP Spread Spectrum**
Описание	Снижение электромагнитных помех на шине AGP
Назначение	По физическому смыслу параметр аналогичен рассмотренному выше параметру FSB Spread Spectrum

Параметр	**CPU Host/PCI Clock**
Описание	Соотношение частот системной шины и шины PCI
Назначение	По умолчанию при стандартных значениях частот системной шины на шине PCI устанавливается значение 33 МГц. Данный параметр позволяет задать иные соотношения частот на системной шине и шине PCI. Обычно ручное изменение соотношения частот применяют при разгоне системной шины с тем, чтобы сохранить на шине PCI стандартные 33 МГц

Параметр	**FSB Spread Spectrum**
Описание	Снижение электромагнитных помех на системной шине
Назначение	На материнской плате обязательно присутствует основной генератор синхронизирующих (тактовых) импульсов, а также вспомогательные компоненты, задающие частоты для разных типов шин и элементов компьютера. Высокочастотные пульсации на шинах вызывают заметное электромагнитное излучение (ЭМИ), часто выходящее за пределы среды передачи. Функция Spead Spectrum понижает ЭМИ путем модуляции по времени и сглаживания пиковых выбросов задающих генераторов. Включение функции Spread Spectrum повышает стабильность системы, но ухудшает производительность многих компонентов

Приложение 2. Процессоры

Расшифровка параметров процессоров Intel

Модель	Поддержка Hyper-Threading	Технормы, нм	Интерфейс	Объем кэша L2	Рабочая частота, ГГц	Частота FSB, МГц
Pentium 4 570J*	есть	90	LGA775	1 Мбайт	3,80	800
Pentium 4 560J	есть	90	LGA775	1 Мбайт	3,60	800
Pentium 4 560	есть	90	LGA775	1 Мбайт	3,60	800
Pentium 4 550J	• есть	90	LGA775	1 Мбайт	3,40	800
Pentium 4 550	есть	90	LGA775	1 Мбайт	3,40	800
Pentium 4 540J	есть	90	LGA775	1 Мбайт	3,20	800
Pentium 4 540	есть	90	LGA775	1 Мбайт	3,20	800
Pentium 4 530J	есть	90	LGA775	1 Мбайт	3	800
Pentium 4 530	есть	90	LGA775	1 Мбайт	3	800
Pentium 4 520J	есть	90	LGA775	1 Мбайт	2,80	800
Pentium 4 520	есть	90	LGA775	1 Мбайт	2,80	800

* Индекс J указывает на поддержку технологии Execute Disable Bit.

Модель	Поддержка Hyper-Threading	Технормы, нм	Интерфейс	Объем кэша L2	Рабочая частота, ГГц	Частота FSB, МГц
Pentium 4 515	нет	90	LGA775	1 Мбайт	2,93	533
Pentium 4 505	нет	90	LGA775	1 Мбайт	2,66	533
Celeron D 345J	нет	90	LGA775	256 Кбайт	3,06	533
Celeron D 345	нет	90	S478	256 Кбайт	3,06	533
Celeron D 340J	нет	90	LGA775	256 Кбайт	2,93	533
Celeron D 340	нет	90	S478	256 Кбайт	2,93	533
Celeron D 335J	нет	90	LGA775	256 Кбайт	2,80	533
Celeron D 335	нет	90	S478	256 Кбайт	2,80	533
Celeron D 330J	нет	90	LGA775	256 Кбайт	2,66	533
Celeron D 330	нет	90	S478	256 Кбайт	2,66	533
Celeron D 325J	нет	90	LGA775	256 Кбайт	2,53	533
Celeron D 325	нет	90	S478	256 Кбайт	2,53	533
Celeron D 320	нет	90	S478	256 Кбайт	2,40	533
Celeron D 315	нет	90	S478	256 Кбайт	2,26	533

Расшифровка параметров процессоров AMD

OPN	Маркировка модели	Тактовая частота, ГГц	Частота шины, МГц	Кэш 12, Кбайт	Ядро	Технормы, нм	Разъем
AMD Athlon 64 FX							
ADAFX55DEI5AS	FX55	2,6	1000	1024	SledgeHammer	130	Socket 939
ADAFX53DEP5AS	FX53	2,4	800	1024	SledgeHammer	130	Socket 939
ADAFX53CEP5AT	FX53	2,4	800	1024	SledgeHammer	130	Socket 940
ADAFX51CEP5AT	FX51	2,2	800	1024	SledgeHammer	130	Socket 940
ADAFX51CEP5AK	FX51	2,2	800	1024	SledgeHammer	130	Socket 940
AMD Athlon 64							
ADA4000DEP5AS	4000+	2,4	800	1024	SledgeHammer	130	Socket 939
ADA3800DEP4AW	3800+	2,4	800	512	Newcastle	130	Socket 939
ADA3500DEP4AW	3500+	2,2	800	512	Newcastle	130	Socket 939
ADA3500DIK4BI	3500+	2,2	800	512	Winchester	130	Socket 939
ADA3200DIK4BI	3200+	2	800	512	Winchester	130	Socket 939
ADA3000DIK4BI	3000+	1,8	800	512	Winchester	130	Socket 939
ADA3700AEP5AR	3700+	2,4	800	1024	ClawHammer	130	Socket 754
ADA3400AEP5AR	3400+	2,2	800	1024	ClawHammer	130	Socket 754
ADA3400AEP5AP	3400+	2,2	800	1024	ClawHammer	130	Socket 754
ADA3200AEP4AX	3200+	2,2	800	512	Newcastle	130	Socket 754
ADA3200AEP5AR	3200+	2	800	1024	ClawHammer	130	Socket 754
ADA3200AEP5AP	3200+	2	800	1024	ClawHammer	130	Socket 754

OPN	Маркировка модели	Тактовая частота, ГГц	Частота шины, МГц	Кэш L2, Кбайт	Ядро	Технормы, нм	Рззъем
ADA3000AEP4AX	3000+	2	800	512	Newcastle	130	Socket 754
ADA3000AEP4AR	3000+	2	800	512	Newcastle	130	Socket 754
ADA3000AEP4AP	3000+	2	800	512	Newcastle	130	Socket 754
ADA2800AEP4AX	2800+	1,8	800	512	Newcastle	130	Socket 754
AMD Sempron							
SDA3100AIP3AX	3100+	1,8	800	256	Paris	130	Socket 754
SDA3000DUT3D	3000+	2	333	512	Barton	130	Socket A
SDA2800DUT3D	2800+	2	333	256	Thoroughbred-B	130	Socket A
SDA2600DUT3D	2600+	1,833	333	256	Thoroughbred-B	130	Socket A
SDA2500DUT3D	2500+	1,75	333	256	Thoroughbred-B	130	Socket A
SDA2400DUT3D	2400+	1,667	333	256	Thoroughbred-B	130	Socket A
SDA2300DUT3D	2300+	1,583	333	256	Thoroughbred-B	130	Socket A
SDA2200DUT3D	2200+	1,5	333	256	Thoroughbred-B	130	Socket A

Идентификация процессоров Intel

Индекс	Рабочая частота, ГГц	Частота FS8, МГц	Технормы нм	Степпинг	Объем кэша L2	Тип корпуса
SL82U	3,80	800	90	E0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7J9	3,60	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7NZ	3,60	800	90	E0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7L9	3,60	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7KN	3,60	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7Q2	3,60	800	90	E0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7PZ	3,40	800	90	E0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7PY	3,40	800	90	E0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7KD	3,40	800	90	E0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7KM	3,40	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7B9	3,40	800	90	C0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7RR	3,40	800	130	M0	2 Мбайт	PLGA-775
SL7PP	3,40	800	90	E0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7L8	3,40	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL793	3,40	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL7AJ	3,40	800	130	C0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7J8	3,40	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7E6	3,40	800	90	D0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7LA	3,20	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7B8	3,20	800	90	C0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7PN	3,20	800	90	E0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7J7	3,20	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7PW	3,20	800	90	E0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7KL	3,20	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL79M	3,20	800	90	C0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7E5	3,20	800	90	D0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7PX	3,20	800	90	E0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7KC	3,20	800	90	D0	1 Мбайт	PPGA-478
SL6WG	3,20	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6WE	3,20	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL792	3,20	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PG	3,06	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478

Индекс	Рабочая частота, ГГц	Частота FSB, МГц	Технормы, нм	Степпинг	Объем кэша L2	Тип корпуса
SL6K7	3,06	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6QC	3,06	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6JJ	3,06	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6SM	3,06	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6S5	3,06	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL7J6	3,00	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL78Z	3	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL7KB	3	800	90	D0	1 Мбайт	PPGA-478
SL6WU	3	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL7E4	3	800	90	D0	1 Мбайт	PPGA-478
SL79L	3E	800	90	C0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7KK	3,00	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL6WK	3	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL7PM	3	800	90	E0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7BK	3	800	130	M0	512 Кбайт	PPGA-478
SL7PU	3	800	90	E0	1 Мбайт	PLGA-775
SL6HL	2,80	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL7D8	2.80A	533	90	C0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7E2	2,80	533	90	D0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7E3	2,80	800	90	D0	1 Мбайт	PPGA-478
SL79K	2,80E	800	90	C0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7EY	2,80	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL7J5	2,80	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL7K9	2.80A	533	90	D0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7KA	2,80	800	90	D0	1 Мбайт	PPGA-478
SL78Y	2,80C	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6Z5	2,80	800	130	M0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6K6	2,80	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6S4	2,80	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL7KJ	2,80	800	90	D0	1 Мбайт	PLGA-775
SL6WT	2,80	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PF	2,80	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL7PK	2,80	533	90	E0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7PL	2,80	800	90	E0	1 Мбайт	PPGA-478

Индекс	Рабочая частота, ГГц	Частота FSB, МГц	Технормы, нм	Степпинг	Объем кэша L2	Тип корпуса
SL6WJ	2,80	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL7PR	2,80	800	90	E0	1 Мбайт	PLGA-775
SL6QB	2,80	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6SL	2,80	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6SK	2,66	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6EH	2,66	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PE	2,66	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6S3	2,66	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6DX	2,66	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6QA	2,66	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6QR	2,60	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6WH	2,60	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6WS	2,60	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6SB	2,60	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6WZ	2,60	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6HB	2,60	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6GU	2,60	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PP	2,60	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL682	2,53	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL685	2,53	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6EG	2,53	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6SJ	2,53	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6S2	2,53	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PD	2,53	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6Q9	2,53	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6EV	2,53	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6D8	2,53	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6DW	2,53	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6QQ	2,50	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PN	2,50	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6SA	2,50	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6EB	2,50	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6GT	2,50	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6QP	2,40	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478

Индекс	Рабочая частота, ГГц	Частота FSB, МГц	Технормы, нм	Степпинг	Объем кэша L2	Тип корпуса
SL6EF	2,40	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6Q8	2,40	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6RZ	2,40	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL684	2,40	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL66T	2,40	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL67Z	2,40	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PM	2,40	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6EU	2,40	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6D7	2,40	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6S9	2,40	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6SH	2,40	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL67R	2,40	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6SR	2,40	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PC	2,40	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6WF	2,40	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL65R	2,40	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6WR	2,40	800	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6Z3	2,40	800	130	M0	512 Кбайт	PPGA-478
SL79B	2,40B	533	130	M0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6E9	2,40	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL7E8	2.40A	533	90	C0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7FY	2,40	533	90	C0	1 Мбайт	PPGA-478
SL7YP	2,40	533	90	D0	1 Мбайт	PPGA-478
SL6GS	2,40	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6DV	2,40	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL68T	2,40	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PB	2,26	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6DU	2,26	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6ET	2,26	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6Q7	2,26	533	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL683	2,26	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6RY	2,26	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6EE	2,26	533	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL67Y	2,26	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478

Индекс	Рабочая частота, ГГц	Частота FSB, МГц	Технормы, нм	Степпинг	Объем кэша L2	Тип корпуса
SL7D7	2,26	533	90	C0	512 Кбайт	PPGA-478
SL7V9	2,26	533	130	M0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6D6	2,26	533	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL5YS	2,20	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6E8	2,20	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL68S	2,20	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6GR	2,20	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PL	2,20	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6QN	2,20	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6S8	2,20	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL66S	2,20	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL5ZU	2,20	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL5ZT	2	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL5UH	2	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL66R	2	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL62Q	2	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6E7	2	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6GQ	2	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL68R	2	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL5YR	2	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PK	2	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL5TQ	2	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 INT3
SL5SZ	2	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 INT3
SL6QM	2	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6S7	2	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL5TL	2	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL6SP	2	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL67C	1,90	400	180	E0	256 Кбайт	PPGA-478
SL6BF	1,90	400	180	E0	256 Кбайт	PPGA-478
SL5WH	1,90	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 INT3
SL5WG	1,90	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478

Индекс	Рабочая частота, ГГц	Частота FSB, МГц	Технормы, нм	Степпинг	Объем кэша L2	Тип корпуса
SL5VN	1,90	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 1NT3
SL5VK	1,90	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL67B	1,80	400	180	E0	256 Кбайт	PPGA-478
SL66Q	1,80	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL5UT	1,80	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-478
SL68Q	1,80	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL63X	1,80	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL5UV	1,80	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-478
SL4WV	1,80	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL5VJ	1,80	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL62R	1,80	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL5UM	1,80	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 INT3
SL62P	1,80	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL5UK	1,80	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL6BE	1,80	400	180	E0	256 Кбайт	PPGA-478
SL6E6	1,80	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6LA	1,80	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6PQ	1,80	400	130	D1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6QL	1,80	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL6S6	1,80	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL5VM	1,80	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 INT3
SL6SN	1,80	400	130	C1	512 Кбайт	PPGA-478
SL4X5	1,80	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL5TK	1,70	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL57W	1,70	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL5TP	1,70	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 INT3
SL62Z	1,70	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL5N9	1,70	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-478
SL67A	1,70	400	180	E0	256 Кбайт	PPGA-478

Индекс	Рабочая частота. ГГц	Частота FSB, МГц	Технормы, нм	Степпинг	Объем кэша L2	Тип корпуса
SL57V	1,70	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL59X	1,70	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-478
SL5SY	1,70	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 INT3
SL5UG	1,70	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL6BD	1,70	400	180	E0	256 Кбайт	PPGA-478
SL5UJ	1,60	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL4X4	1,60	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL5UL	1,60	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 INT3
SL5US	1,60	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-478
SL5UW	1,60	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-478
SL5VH	1,60	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL5VL	1,60	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 INT3
SL62S	1,60	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL668	1,60	400	130	B0	512 Кбайт	PPGA-478
SL4WU	1,60	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL679	1,60	400	180	E0	256 Кбайт	PPGA-478
SL6BC	1,60	400	180	E0	256 Кбайт	PPGA-478
SL5SX	1,50	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 INT3
SL5TJ	1,50	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL5N8	1,50	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-478
SL5TN	1,50	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-423 INT3
SL4X3	1,50	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL4SH	1,50	400	180	B2	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL4WT	1,50	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL59V	1,50	400	180	C1	256 Кбайт	FC-PGA2-478

Индекс	Рабочая частота, ГГц	Частота FSB, МГц	Технормы, нм	Степпинг	Объем кэша L2	Тип корпуса
SL5UF	1,50	400	180	DO	256 Кбайт	PPGA-478
SL62Y	1,50	400	180	DP	256 Кбайт	PPGA-478
SL6BA	1,50	400	180	E0	256 Кбайт	PPGA-478
SL4TY	1,50	400	180	B2	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL59U	1,40	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-478
SL4SG	1,40	400	180	B2	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL4X2	1,40	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL5N7	1,40	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-478
SL5TG	1,40	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL5UE	1,40	400	180	D0	256 Кбайт	PPGA-478
SL4WS	1,40	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL4SC	1,40	400	180	B2	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL5FW	1,30	400	180	C1	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL5GC	1,30	400	180	C1	256 Кбайт	OOI-423
SL4SF	1,30	400	180	B2	256 Кбайт	PPGA-423 INT2
SL4QD	1,30	400	180	B2	256 Кбайт	PPGA-423 INT2

Индекс производительности процессоров

Процессор; ядро	Частота, МГц	Чипсет	Память	Индекс*
Athlon 64 FX-55; Clawhammer	2600	K8T800	DDR400	11945
Pentium 4 570; Prescott	3800	i925X	DDRII-533	11384
Athlon 64 3700+; Clawhammer	2400	nForce3	DDR400	11099
Athlon 64 3400+; Newcastle	2400	nForce3	DDR400	11099
Athlon 64 4000+; Clawhammer	2400	K8T800	DDR400	11026
Athlon FX-53; Clawhammer	2400	K8T800	DDR400	11025
Pentium 4 560; Prescott	3600	i925X	DDRII-533	10778
Pentium 4 EE 3.46; Gallatin	3460	i925X	DDRII-533	10664
Pentium 4 3.40; Northwood	3400	i875P	DDR400	10435
Pentium 4 EE 3.40; Gallatin	3400	i875P	DDR400	10402
Athlon 64 3400+; Clawhammer	2200	nForce3	DDR400	10177
Athlon 64 3200+; Newcastle	2200	nForce3	DDR400	10175
Pentium 4 550; Prescott	3400	i925X	DDRII-533	10163
Athlon FX-51; Clawhammer	2600	K8T800	DDR400	10106
Athlon 64 3500+; Winchester	2200	K8T800	DDR400	10104
Pentium 4 3.4E; Prescott	3400	i875P	DDR400	9948
Pentium 4 3.20; Northwood	3200	i875P	DDR400	9941
Pentium 4 EE 3.20; Prestonia	3200	i925X	DDRII-533	9892
Pentium 4 540; Prescott	3200	i925X	DDRII-533	9578
Pentium 4 3.2E; Prescott	3200	i875P	DDR400	9341
Athlon XP 2800+; T-Bred-B*	2250	nForce2 Ultra	DDR266	9325
Pentium 4 3.06; Northwood	3066	i845GD	DDR333	9307
Pentium 4 3.00; Northwood	3000	i875P	DDR400	9267
Athlon 64 3200+; Clawhammer	2000	nForce3	DDR400	9251
Athlon 64 3000+; Newcastle	2000	nForce3	DDR400	9240
Athlon XP 3200+; Barton	2200	nForce2 Ultra	DDR400	9036
Pentium 4 530; Prescott	3000	i925X	DDRII-533	8986
Athlon XP 2700+; T-Bred-B*	2167	nForce2 Ultra	DDR266	8898
Arhlon XP 3000+; Barton	2167	nForce2 Ultra	DDR333	8896
Athlon XP 2600+; T-Bred-B*	2133	KT333	DDR266	8799
Pentium 4 3.0E; Prescott	3000	i875P	DDR400	8788

* SiSoft Sandra 2004 CPU Bench, Dhrystone

Процессор, ядро	Частота, МГц	Чипсет	Память	Индекс
Athlon XP 3000+; Barton	2100	nForce2 Ultra	DDR400	8898
Pentium 4 2.80; Northwood	2800	i875P	DDR400	8605
Athlon XP 2600+; T-Bred-B*	2083	nForce2 Ultra	DDR266	8581
Athlon XP 2800+; Barton	2083	nForce2 Ultra	DDR333	8556
Pentium 4 520; Prescott	2800	i925X	DDRII-533	8373
Athlon 64 3000+; Winchester	1800	K8T800	DDR400	8325
Athlon 64 2800+; Newcastle	1800	nForce3	DDR400	8315
Sempron 3100+; Paris	1800	nForce3	DDR400	8305
Athlon XP 2400+; T-Bred-B*	2000	KT333	DDR266	8250
Sempron 3000+; Barton	2000	nForce2 Ultra	DDR400	8220
Sempron 2800+; T-Bred-B*	2000	nForce2 Ultra	DDR400	8216
Pentium 4 2.8E; Prescott	2800	i875P	DDR400	8159
Pentium 4 2.60; Northwood	2600	i875P	DDR400	7976
Athlon XP 2600+; Barton	1917	nForce2 Ultra	DDR333	7870
Celeron D 2.80; Prescott	2800	i865	DDR266	7624
Athlon XP 2500+; Barton	1833	nForce2 Ultra	DDR333	7527
Pentium 4 2.40; Northwood	2400	i875P	DDR400	7376
Athlon XP 2100+; T-Bred-B*	1733	KT333	PC133	7148
Celeron 2.60; Northwood	2600	i845GD	DDR200	6990
Celeron 2.40; Northwood	2400	i845GD	DDR200	6400
Pentium 4 1.70; Willamette	1700	i860	RDRAM800	4301
Pentium III 1.20; Tualatin	1200	i815EP	PC133	4150
Celeron 1.20; Tualatin	1200	i815EP	PC100	4135
Athlon B 1000; Thunderbird	1000	KT133A	PC133	4122
Pentium III 1000EB; Coppermine	1000	i815EP	PC 133	3409
Athlon B 800; Thunderbid	800	KT133A	PC133	3292
Duron 650; Morgan	650	KT133	PC133	2676
Pentium III 600; Coppermine	600	BX440	PC100	2056
Celeron 500; Mendocino	500	BX440	PC100	1704
K6-2+ 550; Chompers	550	MVP3	PC100	1287
K6-III 450; Chompers	450	MVP3	PC100	1071
Pentium 233 MMX	233	MVP3	PC66	292
Pentium 100	100	MVP3	PC66	188

Приложение 3. Чипсеты

Функциональность чипсетов

Чипсет	Поддержка процессоров	Частота системной шины, МГц	Графический интерфейс	Интегрированная графика	Шина к южному мосту*	Официальный южный мост*
ALi/ULi M16891	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	800	AGP 8X	нет	—	—
ATI Radeon Xpress 200	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	1000	PCIE x16	Radeon X300	PCI Express	IXP400
ATI Radeon Xpress 200P	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	1000	PCIE x16	нет	PCI Express	IXP400
NVIDIA nForce3 250/Gb	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	800	AGP 8X	нет	—	—
NVIDIA nForce3 ukrai	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	1000	AGP 8X	нет	—	—
NVIDIA nForce4/ Ultra	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	1000	PCIE x16	нет	—	—

Чипсет	Поддержка процессоров	Частота системной шины, МГц	Графический интерфейс	Интегрированная графика	Шина к южному мосту*	Официальный южный мост*
NVIDIA nForce4 SLI	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	1000	PCIE x16 или 2x8(SLI)	нет	—	—
SiS7602	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	800	AGP 8x	Mirage 2	MuTIOL	SiS964
SiS755FX	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	1000	AGP 8x	нет	MuTIOL	SiS964
SiS756	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	1000	PCIE x16	нет	MuTIOL	SiS965
VIA K8M800	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	800	AGP 8x	UniChrome Pro	8XV-Link	VT8237
VIA K8T800 Pro	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	1000	AGP 8x	нет	Ultra V-Link	VT8237
VIA K8T890	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron	1000	PCIE x16	нет	Ultra V-Link	VT8237
ALi/ULi M1683	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	AGP 8x	нет	HyperTransport	M1563
ALi/ULi M1685	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	PCIE x16	нет	HyperTransport	M1563
ATI Radeon 9100/Pro IGP	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	AGP 8x	Radeon 9200	A-Link	IXP150/300

Чипсет	Поддержка процессоров	Частота системной шины, МГц	Графический интерфейс	Интегрированная графика	Шина к южному мосту*	Официальный южный мост*
ATI RX300	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	AGP 8x	нет	A-Link	IXP300
Intel 910GL Express	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	нет	GMA900	DMI	ICH6/R
Intel 915GV Express	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	нет	GMA900	DMI	ICH6/R
Intel 915G Express	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	PCIE x16	GMA900	DMI	ICH6/R
Intel 915P Express	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	PCIE x16	нет	DMI	ICH6/R
Intel 925X7XE Express	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	1066	PCIE x16	нет	DMI	ICH6/R
SiS661FX	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	AGP 8x	Mirage	MuTIOL	SiS964
SiS649	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	AGP 8x	нет	MuTIOL	SiS964
SiS655TX	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	PCIE x16	нет	MuTIOL	SiS965
SiS656	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	PCIE x16	нет	MuTIOL	SiS965

Чипсет	**Поддержка процессоров**	**Частота системной шины, МГц**	**Графический интерфейс**	**Интегрированная графика**	**Шина к южному мосту***	**Официальный южный мост***
VIA PM880	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	AGP 8X	UniChrome Pro	Ultra V-Link	VT8237
VIA PT800	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	AGP 8X	нет	Ultra V-Link	VT8237
VIA PT880	Intel Pentium 4, Pentium 4 XE, Celeron, Celeron D	800	AGP 8X	нет	Ultra V-Link	VT8237

Неприменимо для интегрированных чипсетов.

Функциональность южных мостов

Южный мост	Слоты PCI Express	Слоты PCI	Шина IDE	Порты Serial ATA	Порты USB	Звук	Сетевой контроллер
ALi/ULi M1563	нет	до 6	2x2 ATA133	нет	6	AC'97, ДО 6 каналов	10/100 Мбит/с (MAC)
ALi/ULi M15731	2x1	до 7	2x2 ATA133	2	8	HDA	10/100 Мбит/с (MAC)
ALi/ULi M1689	нет	до 7	2x2 ATA133	4	8	AC'97, до 6 каналов	10/100 Мбит/с (MAC)
ATI IXP150	нет	до 7	2x2 ATA100	нет	6	AC'97, до 6 каналов	10/100 Мбит/с (MAC)
ATI IXP300	нет	до 7	2x2 ATA100	2	8	AC'97, до 6 каналов	10/100 Мбит/с (MAC)
ATI IXP400	нет	до 7	2x2 ATA133	4	8	AC'97, до 8 каналов	нет
Intel ICH6	4x1	до 6	1x2 ATA100	4	8	HDA	10/100 Мбит/с (MAC)
Intel ICH6R	4x1	до 6	1x2 ATA100	4	8	HDA	10/100 Мбит/с (MAC)
NVIDIA nForce3 250	нет	до 6	2x2 ATA133	2	8	AC'97, до 8 каналов	10/100 Мбит/с (MAC)
NVIDIA nForce3 250Gb/Ultra	нет	до 6	2x2 ATA133	2	8	AC'97, до 8 каналов	10/100/1000 Мбит/с (MAC)
NVIDIA nForce4	3x1	до 6	2x2 ATA133	4	10	AC'97, до 8 каналов	10/100/1000 Мбит/с (MAC)
NVIDIA nForce4 Ultra/SLI	3x1	до 6	2x2 ATA133	4 SATA2	10	AC'97, до 8 каналов	10/100/1000 Мбит/с (MAC)
SiS964L	нет	до 6	2x2 ATA133	нет	8	AC'97, до 6 каналов	10/100 Мбит/с (MAC)
SiS964	нет	до 6	2x2 ATA133	2	8	AC'97, до 6 каналов	10/100 Мбит/с (MAC)
SiS965L	2x1	ДО 6	2x2 ATA133	2	8	AC'97, до 8 каналов	10/100 Мбит/с (MAC)
SiS965	2x1	до 6	2x2 ATA133	4	8	AC'97, до 8 каналов	10/100/1000 Мбит/с (MAC)
VIA VT8237	нет	до 6	2x2 ATA133	2	8	AC'97, до 6 каналов	10/100 Мбит/с (MAC)
VIAVT82516	2x1	до 6	2x2 ATA133	4 SATA2	8	HDA	10/100 Мбит/с (MAC)

Приложение 4. Графическая система

В мире насчитывается более 150 фирм - поставщиков жидкокристаллических мониторов. Но всего полтора десятка компаний, выпускающих сами жидкокристаллические панели (матрицы) — главный компонент ЖК-монитора. Ведущими производителями матриц являются компании *Samsung, LG-Philips LCD* и *AU Optronics,* доля каждой из которых составляет не менее 8% общемировых продаж (4,8 миллиарда долларов в 2004 г.). Заметные позиции в отрасли занимают компании *Sharp, Chie Mei Optoelectronics* и *Chungwa Picture Tubes* (от 3,5% до 5,0% каждая). К ведущим производителям ЖК-панелей принято причислять следующие фирмы (в алфавитном порядке):

1. *AU Optronics.*
2. *Chi Mei Optoelectronics.*
3. *Chungwa Picture Tubes.*
4. *Fujitsu.*
5. *HannStar.*
6. *Hitachi.*
7. *Hyundai.*
8. *IBM.*
9. *LG-Philips LCD.*
10. *NEC-Mitsubishi Electronics Display.*
11. *Samsung.*
12. *Sanyo (Torisan).*
13. *Sharp.*

Производители мониторов в подавляющем большинстве используют в своей продукции ЖК-панели перечисленных выше компаний. В представленной ниже таблице показано, какие панели используют производители мониторов при сборке изделий под своей маркой. Нетрудно заметить, что даже сами производители панелей зачастую используют матрицы сторонних поставщиков.

Производитель монитора	Поставщики матрицы
Acer (Benq)	1, 4
Apple	9
ADI	2, 6, **11**
Belinea	1, 3, 4, 8, 9
Bliss	2, 4, 5
Compaq	1, 13
CTX	1, 11
Dell	5, 9
Eizo	6, 8, 10
Iiyama	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11
Hansol	11
Hercules	5, 11
Hitachi	1, 2, 6, 11
HP	1, 6, 9
Hyundai	7, 9
LG	7, 9
Mitac	2, 9
Nee	1, 3,4, 6, 9, 10, 11
Neovo	1,9
Nokia	6, 11
Philips	1, 9
Proview	1, 11
QDI	5, 7
Roverscan	1, 4, 6, 10
Samsung	6, 11, 12
Scott	1, 9
Sony	1, 3, 9
ViewSonic	1, 2, 4, 6, 12

В качестве примера приведем номенклатуру матриц, предлагаемую компанией *AU Optronics*. Обратим внимание читателей на то, что даже в одном семействе присутствуют матрицы с разными параметрами. Вывод из сказанного таков: качество ЖК-монитора в первую голову определяется качеством матрицы, поэтому еще до покупки следует уяснить, какая матрица стоит в данной модели монитора. Иногда найти такую информацию непросто, но она крайне необходима для правильной покупки.

Параметры жидкокристаллических панелей

Модель	Диагональ, дюймов	Разрешение	Шаг пикселов, мм	Глубина цвета, бит	Контраст	Яркость, кд/м^2	Расход энергии, Вт	Интерфейс	Напряжение, В	Подсветка
B150XG02 V2	**15**	1024x768	0,297	18	300:1	180	5,6	1 канал LVDS	**3,3**	1CCFL
B150XG05	15	1024x768	0,297	18	400:1	280	5,6	1 канал LVDS	**3,3**	1 CCFL
B150PG03	15	1400x1050	0,218	18	300:1	200	5,9	2 канала LVDS	**3,3**	1 CCFL
B154EW01 V1	15,4	1280x800	0,259	18	400:1	220	6,2	1 канал LVDS	**3,3**	1 CCFL
B154EW01 V5	15,4	1280x800	0,259	18	300:1	180	6,2	1 канал LVDS	**3,3**	1 CCFL
B170PW01	17	1440x900	0,255	18	400:1	190	8,0	2 канала LVDS	**3,3**	1 CCFL
B170PW02	17	1440x900	0,255	18	400:1	385	13,1	2 канала LVDS	**3,3**	2 CCFL
M150XN07 V2	15	1024x768	0,297	18	450:1	250	13,3	1 канал LVDS	**3,3**	2 CCFL
M170EG01 V0	17	1280x1024	0,264	18	500:1	300	25,8	2 канала LVDS	5,0	4 CCFL
M170EG01 V2	17	1280x1024	0,264	18	500:1	300	25,8	2 канала LVDS	5,0	4 CCFL
M170EG01 V3	**17**	1280x1024	0,264	18	500:1	420	25,8	2 канала LVDS	5,0	4 CCFL
M170XW01 V2	17	1280x768	0,290	18	800:1	450	30,0	1 канал LVDS	5,0	4 CCFL
M190EN02 V2	19	1280x1024	0,294	24	700:1	250	28,0	2 канала LVDS	5,0	4 CCFL
M190EN03 V0	19	1280x1024	0,294	24	800:1	250	28,0	2 канала LVDS	5,0	4 CCFL
M190EN04 V1	**19**	1280x1024	0,294	18	500:1	400	28,0	2 канала LVDS	5,0	4 CCFL
M201UN02 V2	20,1	1600x1200	0,255	24	700:1	250	40,0	2 канала LVDS	5,0	6 CCFL
M201UN02 V3	20,1	1600x1200	0,255	24	700:1	250	40,0	2 канала LVDS	5,0	6 CCFL
M201EW01 V0	20,1	1680x1050	0,258	24	800:1	300	30,0	2 канала LVDS	5,0	6 CCFL
M201EW01 V1	20,1	1680x1080	0,258	24	800:1	450	40,0	2 канала LVDS	5,0	6 CCFL
M230UW01 V0	**23**	1920x1200	0,258	**24**	700:1	200	140,0	2 канала LVDS	12,0	LED
M230UW01 V1	23	1920x1200	0,258	**24**	800:1	250	65,4	2 канала LVDS	12,0	12 CCFL

Параметры мониторов

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м^2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
Acer								
AL1502bm	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	350:1	140/125
AL1511	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	350:1	140/125
ALi512m	15	TN+Film	1024x768	18	23	350	450:1	120/110
AL1521	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	400:1	120/110
AL1711	17	TN+Film	1280x1024	18	25	250	400:1	140/125
AL1714	17	TN+Film	1280x1024	18	14	370	350:1	160/120
AL1715m	17	TN+Film	1280x1024	18	16	270	450:1	150/135
AL1721	17	TN+Film	1280x1024	18	16	260	450:1	140/140
AL1731m	17	TFT	1280x1024	24	20	250	430:1	160/160
AL1751wm	17	TFT	1280x768	24	25	450	450:1	170/170
AL1912	19	TN+Film	1280x1024	18	16	250	500:1	140/140
AL1921	19	MVA	1280x1024	24	25	250	600:1	170/170
ALi931m	19	MVA	1280x1024	24	25	300	700:1	170/170
AL2021	20	MVA	1600x1200	24	25	250	600:1	170/170
ADI								
MicroScan A509	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	200:1	**110/120**
MicroScan i500	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	350:1	**150/140**
MicroScan S500	15	TN+Film	1024x768	18	40	250	400:1	**120/100**

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение,	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м^2	Контрастность	Углы обзора по вертикали, град.
MicroScan A501	15	TN+Film	1024x768	18	25	400	300:1	120/100
MicroScan A502	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	350:1	120/100
MicroScan A508	15	TN+Film	1024x768	18	13	250	200:1	160/160
MicroScan A709	17	TN+Film	1280x1024	18	16	300	400:1	120/120
MicroScan A701	17	TN+Film	1280x1024	18	25	230	400:1	120/100
MicroScan A707	17	TN+Film	1280x1024	18	30	260	350:1	100/120
MicroScan i700	17	TN+Film	1280x1024	18	9	300	500:1	140/160
MicroScan S700	17	TN+Film	1280x1024	18	13	250	400:1	160/160
MicroScan A704	17	TN+Film	1280x1024	18	15	250	400:1	150/160
MicroScan A708	17	TN+Film	1280x1024	18	15	250	400:1	130/120
MicroScan A904	19	TN+Film	1280x1024	18	15	250	450:1	120/140
MicroScan A905	19	TFT	1280x1024	24	15	300	500:1	170/170
MicroScan A2304	23	TFT	1600x1280	24	25	250	500:1	170/170

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м^2	Контрастность	Углы обзора по горизонтаали/ вертикали, град.
BenQ								
Q150a	15	TFT	1024x768	24	16	500	400:1	135/140
Prevalence FP531	15	TN+Film	1024x768	18	25	290	650:1	150/125
Prevalence FP557s	15	TN+Film	1024x768	18	16	250	450:1	120/100
Recreation FP567s	15	TN+Film	1024x768	18	16	260	500:1	120/100
FP71W	17	TFT	1280x768	24	25	450	600:1	170/170
FP785	17	TFT	1280x1024	24	25	250	600:1	170/170
Recreation FP757	17	TN+Film	1280x1024	18	16	260	500:1	140/140
Jewel FP783	17	TN+Film	1280x1024	18	12	310	600:1	160/160
Jewel FP791	17	TN+Film	1280x1024	24	16	400	550:1	140/140
Multimedia FP767	17	TN+Film	1280x1024	18	16	260	500:1	160/160
Prevalence FP731	17	TN+Film	1280x1024	18	25	260	500:1	140/130
FP71E+	17	TN+Film	1280x1024	18	8	300	500:1	140/130
Recreation FP767	17	TN+Film	1280x1024	18	16	300	500:1	140/140
Recreation FP767-12	17	TN+Film	1280x1024	18	12	300	500:1	140/140

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м^2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
Prevalence FP931	19	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	130/130
Prevalence FP937s	19	TN+Film	1280x1024	18	12	**250**	450:1	130/130
Prestige FP991	19	TFT	1280x1024	24	25	300	700:1	170/170
FP951	19	TN+Film	1280x1024	18	25	250	700:1	130/130
Prestige FP992	19	TFT	1280x1024	24	25	**250**	700:1	170/170
H200	20,1	TFT	800x600	24	16	500	500:1	160/160
Prestige FP2091	20,1	TFT	1600x1200	**24**	16	250	400:1	176/176
Prestige FP231W	23	TFT	1920x1200	24	16	250	500:1	176/176
DV2680	26	TFT	1280x768	24	16	600	600:1	170/170
DV3080	30	TFT	1280x768	24	16	600	600:1	170/170
DV4680	46	TFT	1920x1080	24	16	600	800:1	170/170
Bliss								
1550	15	TFT	1024x768	18	16	250	500:1	120/140
1700D	17	TN+Film	1280x1024	24	25	250	450:1	140/125
1950	19	TFT	1280x1024	24	25	300	700:1	170/170
CTX								
PV500BT	15	TN+Film	1024x768	18	40	250	350:1	120/100
PV500T	15	TN+Film	1024x768	18	**40**	250	350:1	120/100
S501A	15	TN+Film	1024x768	18	30	250	400:1	150/140

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м²	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
S501BA	15	TN+Film	1024x768	18	30	250	400:1	150/140
S521A	15	TN+Film	1024x768	18	30	250	400:1	150/140
F773	17	TN+Film	1280x1024	18	16	400	500:1	140/140
F773L	17	TN+Film	1280x1024	18	16	400	500:1	140/140
M730V	17	TN+Film	1280x1024	18	16	400	500:1	140/140
P772	17	TN+Film	1280x1024	18	16	260	500:1	160/160
P772L	17	TN+Film	1280x1024	18	16	260	500:1	140/140
S701A	17	TN+Film	1280x1024	18	25	300	500:1	140/140
S701A	17	TN+Film	1280x1024	24	25	250	450:1	140/130
S701BA	17	TN+Film	1280x1024	18	25	300	450:1	140/130
S721A	17	TN+Film	1280x1024	18	25	300	450:1	140/130
S760A	17	TN+Film	1280x1024	18	25	260	450:1	140/130
S761A	17	TN+Film	1280x1024	18	25	260	450:1	160/160
S762A	17	TN+Film	1280x1024	18	**25**	260	450:1	160/160
S762A+	17	TN+Film	1280x1024	24	16	260	450:1	140/120
S762G	17	TN+Film	1280x1024	18	25	260	450:1	160/160
S762G+	17	TN+Film	1280x1024	18	25	260	450:1	160/160
S960A	19	MVA	1280x1024	24	25	250	700:1	170/170
S961A	19	MVA	1280x1024	24	25	250	700:1	170/170
S962A	19	TFT	1280x1024	**24**	25	250	700:1	170/170
S962A+	19	MVA	1280x1024	24	25	250	700:1	170/170
S962G	19	MVA	1280x1024	**24**	**25**	250	700:1	170/170
S962G+	19	MVA	1280x1024	24	25	250	700:1	170/170

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м^2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/вертикали, град.
EIZO								
FlexScan L352T	15	TFT	1024x768	24	25	180	400:1	160/150
FlexScan L353T	15	TFT	1024x768	24	25	180	450:1	160/150
FlexScan L362T	15	TFT	1024x768	24	55	180	400:1	170/170
FlexScan L363T	15	TFT	1024x768	24	55	180	400:1	170/170
FlexScan L367	15	TFT	1024x768	24	25	250	450:1	160/150
FlexScan L367-F	15	TFT	1024x768	24	25	250	450:1	160/150
FlexScan L375	15	TFT	1024x768	24	25	300	450:1	160/150
FlexScan L550	17	TN+Film	1280x1024	18	16	300	400:1	160/160
FlexScan L557	17	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	170/170
FlexScan L557-AS	17	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	170/170
FlexScan L557-F	17	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	170/170
FlexScan L568	17	TFT	1280x1024	24	25	250	400:1	170/170
FlexScan L695	18,1	IPS	1280x1024	24	40	250	1000:1	178/178

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость. кд/м^2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали,град.
ColorEdge CG18	18,1	TFT	1280x1024	24	40	250	400:1	170/170
FlexScan L767	**19**	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	170/170
FlexScan L767-F	**19**	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	170/170
FlexScan L768	**19**	IPS	1280x1024	24	20	250	1000:1	178/178
FlexScan L788	**19**	IPS	1280x1024	24	20	250	1000:1	178/178
FlexScan L795	**19**	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	170/170
FlexScan L797	**19**	TFT	1280x1024	24	25	250	450:1	170/170
FlexScan L885	20,1	TFT	1600x1200	24	20	250	500:1	176/176
FlexScan FA-2090	20,7	TFT	1536x2048	24	50	200	300:1	170/170
FlexScan L985EX	**21,3**	TFT	1600x1200	24	50	250	400:1	170/170
ColorEdge CG21	**21,3**	TFT	1600x1200	24	50	250	400:1	170/170
Iiyama								
ProLite E383	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	400:1	130/110
INTH380-BS	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	400:1	130/110

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м^2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
ProLite E385	15	TN+Film	1024x768	18	35	250	400:1	120/90
15NE2-B	15	TN+Film	1024x768	18	23	380	450:1	120/110
ProLite E380S	15	TN+Film	1024x768	18	23	380	450:1	120/110
ProLite E383S	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	400:1	130/100
ProLite H380	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	400:1	120/100
17JN1-S	17	TN+Film	1280x1024	18	25	300	450:1	140/130
ProLite E430	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	140/120
ProLite E430T	17	TN+Film	1280x1024	18	16	450	300:1	140/120
ProLite E430T-S	17	TN+Film	1280x1024	18	16	300	450:1	140/120
ProLite E431S	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	140/120
ProLite H430	17	IPS	1280x1024	24	25	250	500:1	170/170
ProLite E434S-W	17	TN+Film	1280x1024	18	14	350	350:1	160/120
ProLite C171WT	17	TFT	1280x768	24	25	400	400:1	160/160
ProLite E480T	19	IPS	1280x1024	24	25	250	400:1	176/176

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
4821	19	MVA	**1280x1024**	24	25	250	600:1	170/170
INT4821TS	19	MVA	**1280x1024**	24	25	250	600:1	170/170
ProLite C480T	19	MVA	**1280x1024**	24	16	430	600:1	170/170
ProLite E481S	19	IPS	**1280x1024**	24	25	250	400:1	176/176
AS4821DT/ BK	19	MVA	**1280x1024**	24	25	250	600:1	170/170
ProLite C510T	20,1	TN+Film	**640x480**	18	16	450	500:1	160/140
ProLite C510T-S	20,1	TN+Film	**640x480**	18	16	450	500:1	180/140
ProLite E511S	20,1	IPS	**1280x1024**	24	26	250	400:1	176/176
ProLite H510	20,1	MVA	**1280x1024**	24	25	250	500:1	170/170
AQ5311DTBK	20,8	IPS	**2048x1536**	24	50	235	300:1	170/170
ProLite H540S	21,3	IPS	**1280x1024**	24	20	280	500:1	170/170
5611	22,2	IPS	**3840x2400**	24	50	235	400:1	170/170
AQU5611DT/ BK	22,2	IPS	**3840x2400**	24	50	235	400:1	170/170
PLL260W-B	26	IPS	**1280x768**	24	16	450	500:1	176/176
ProLite C270WT	27	TN+Film	**1280x720**	24	16	500	500:1	170/170

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м^2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
ProLite C300WT	29,6	TN+Film	1280x768	24	16	500	500:1	170/170
ProLite L323W	32	IPS	1280x768	24	33	500	500:1	170/170
PLL320W-B	32	IPS	1280x768	24	33	500	500:1	170/170
ProLite L403W	39,6	MVA	1280x768	24	22	550	600:1	170/170
PLL400W-B	40	IPS	1280x768	24	22	500	500:1	170/170
LG								
L2323T	13	TFT	1280x768	24	25	450	400:1	176/176
L1520P	15	TN+Film	1024x768	18	25	300	400:1	160/140
L1530B	15	TN+Film	1024x768	18	16	250	400:1	160/140
L1530P	15	TN+Film	1024x768	18	25	300	400:1	160/140
L1530S	15	TN+Film	1024x768	18	16	250	400:1	160/140
L1530TM	15	TFT	1024x768	24	25	300	300:1	176/176
L1710M	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
L1710P	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
L1711S	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
L1715S	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
L1716S	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	550:1	160/140
L1720P	17	TN+Film	1280x1024	18	16	300	450:1	160/140
L172WA	17	TFT	1280x768	24	25	550	500:1	176/176
L172WT	17	TFT	1280x768	24	25	450	400:1	176/176
L1730B	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	550:1	160/140

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м^2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
L1730P	17	TN+Film	1280x1024	18	16	300	550:1	160/140
L1730S	17	TN+Film	1280x1024	18	12	250	550:1	160/140
L173ST	17	TN+Film	1280x1024	18	12	400	500:1	140/140
L1780U	17	TN+Film	1280x1024	18	12	250	500:1	160/160
L1710B	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
L1710S	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	400:1	140/140
L1720B	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
L1910B	19	TFT	1280x1024	24	25	250	400:1	176/176
L1910P	19	TFT	1280x1024	24	25	300	400:1	176/176
L1910S	19	TFT	1280x1024	24	25	250	700:1	170/170
L1920P	19	TFT	1280x1024	24	25	300	500:1	176/176
L1920P	19	TFT	1280x1024	24	25	300	700:1	170/170
L1930B	19	TFT	1280x1024	24	25	250	700:1	170/170
L1930BQ	19	TFT	1280x1024	24	12	250	500:1	176/176
L1930P	19	TFT	1280x1024	24	25	300	400:1	170/170
L1930S	19	TFT	1280x1024	24	25	250	700:1	170/170
L1930SQ	19	TFT	1280x1024	18	12	250	400:1	170/170
L193ST	19	TFT	1280x1024	18	16	400	400:1	170/170
L1980U	19	TFT	1280x1024	18	12	250	400:1	170/170
L2010B	20,1	TN+Film	1600x1200	18	16	250	500:1	140/140
L2O1OP	20,1	TFT	1600x1200	24	25	250	500:1	160/160
L2320A	23	TFT	1600x1200	24	25	250	400:1	176/176
L2320AS	23	TFT	1280x768	24	25	450	350:1	176/176

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
L3000H	30	TFT	1280x768	18	12	550	350:1	176/176
L3020A	30	TFT	1920x1200	18	12	450	400:1	176/176
L3020T	30	TFT	1280x768	24	25	450	350:1	176/176
L4200A	42	IPS	1366x768	18	12	600	600:1	176/176
NEC-Mitsubishi								
LCD52V/BK	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	400:1	110/140
LCD52VM/ BK	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	400:1	110/150
LCD1565	15	TN+Film	1024x768	18	25	225	350:1	130/100
V50LCD/BK	15	TN+Film	1024x768	18	25	300	500:1	120/140
LCD51VM/ BK	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	400:1	120/100
LCD1560NX/ BK	15	TN+Film	1024x768	18	30	250	350:1	160/120
LCD1560VM/ BK	15	IPS	1024x768	24	25	300	450:1	150/160
LCD1501- BK	15	TN+Film	1024x768	18	30	250	350:1	160/120
LCD72V/BK	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	145/160
LCD72VM/ BK	17	TN+Film	1280x1024	18	16	**250**	450:1	145/160
LCD1770NX/ BK	17	TN+Film	1280x1024	18	12	**250**	450:1	145/160
LCD1770NXM/ BK	17	TN+Film	1280x1024	18	12	**250**	450:1	145/160

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость,	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали,град.
LCD1770V/ BK	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	400:1	140/120
LCD71VM/ BK	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
NEC LCD1701-BK	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	350:1	140/120
LCD1760VM/ BK	17	TN+Film	1280x1024	18	25	250	350:1	170/170
LCD1880SX/ BK	18,1	TFT	1280x1024	24	25	240	450:1	160/160
LCD1860NX/ BK	18,1	TFT	1280x1024	24	30	200	600:1	170/170
LCD92V/BK	19	TFT	1280x1024	24	16	250	600:1	170/170
LCD1915X	19	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	176/176
LCD1960NX/ BK	19	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	176/176
LCD1960NXi/ BK	19	TFT	1280x1024	24	25	225	500:1	176/176
LCD1970NX/ BK	19	TN+Film	1280x1024	18	25	230	450:1	130/130
LCD1970V/ BK	19	TFT	1280x1024	24	16	250	500:1	170/170
LCD1980SX/ BK	19	IPS	1280x1024	24	25	250	500:1	176/176
LCD1980SXi/ BK	19	TFT	1280x1024	24	25	270	600:1	170/170

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
LCD2060NX/ BK	20	MVA	1600x1200	24	25	220	600:1	170/170
LCD200VX/ BK	20,1	TN+Film	1600x1200	18	16	250	400:1	160/160
LCD2080UX+/ BK	20,1	IPS	1600x1200	24	16	250	400:1	176/176
LCD2180UX/ BK	21,3	TFT	1600x1200	24	20	250	500:1	176/176
LCD3000-BK	30	IPS	1280x768	24	25	**450**	350:1	170/170
LCD4000e	39,6	TFT	1280x768	24	22	450	600:1	170/170
LCD4000-BK	40	TFT	1280x768	24	25	450	600:1	170/170
Philips								
150C4	15	TN+Film	1024x768	24	25	250	400:1	150/110
150DM10P	15	TN+Film	1024x768	24	25	170	250:1	100/90
150MT2	15	TN+Film	1024x768	24	25	310	500:1	140/120
150X4	15	TN+Film	1024x768	24	25	250	400:1	150/110
150B5CB	15	TN+Film	1024x768	18	16	250	400:1	160/140
150C5BS/ 00	15	TN+Film	1024x768	18	16	250	400:1	160/140
150S5FB	15	TN+Film	1024x768	18	16	250	400:1	160/140
150X	15	TFT	1024x768	24	40	250	300:1	160/135
150B5CG	15	TN+Film	1024x768	24	16	250	450:1	150/110
150B5CS	15	TN+Film	1024x768	24	16	250	450:1	150/110

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м^2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
150S5FG	15	TN+Film	1024x768	24	16	250	450:1	150/110
150S5FS	15	TN+Film	1024x768	24	16	250	450:1	150/110
170B5CB	17	TN+Film	1280x1024	24	16	250	450:1	150/140
170B5CG	17	TN+Film	1280x1024	24	16	250	450:1	150/140
170B5CS	17	TN+Film	1280x1024	24	16	250	450:1	150/140
170C4	17	TFT	1280x1024	24	25	250	400:1	140/160
170C5BS/ 00	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
170P5EB	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
170P5EG/ 00	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
170P5ES/ 00	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
170S5FB/ 00	17	TN+Film	1280x1024	18	16	250	450:1	160/140
170S5FG	17	TN+Film	1280x1024	24	16	250	450:1	150/140
170S5FS	17	TN+Fiim	1280x1024	24	16	250	450:1	150/140
Brilliance 170P5EG	17	TN+Film	1280x1024	24	16	260	500:1	160/140
Brilliance 170P5ES	17	TN+Film	1280x1024	24	16	260	500:1	160/140
170T4FS/ 00	17	TFT	1280x768	18	25	450	600:1	170/170
180MT	18	TFT	1280x1024	24	25	250	600:1	170/170

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
180B2W	18	TFT	1280x1024	18	50	250	350:1	160/160
190B4CB	19	TFT	1280x1024	24	40	230	500:1	170/170
190B4CS	19	TFT	1280x1024	18	25	250	500:1	170/170
190B4CG	19	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	170/170
190B5CB	19	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	176/176
190B5CG	19	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	176/176
190B5CS	19	TFT	1280x1024	24	25	250	500:1	176/176
190P5EB	19	TFT	1280x1024	18	25	300	700:1	170/170
190S5CB	19	TFT	1280x1024	18	16	250	500:1	160/160
190S5CG	19	TFT	1280x1024	24	16	250	500:1	160/160
190S5CS	19	TFT	1280x1024	24	16	250	500:1	160/160
Brilliance 190P5EG	19	TFT	1280x1024	24	25	300	700:1-	170/170
Brilliance 190P5ES	19	TFT	1280x1024	24	25	300	700:1	170/170
200P4SS/ 00	20	TFT	1600x1200	18	16	250	400:1	176/176
200P4VB	20	TFT	1600x1200	18	16	250	400:1	176/176
200P4VS	20	TFT	1600x1200	18	16	250	400:1	176/176
Brilliance 200P4SG	20	TFT	1600x1200	24	16	250	400:1	176/176
Brilliance 200P4SS	20	TFT	1600x1200	24	16	250	400:1	176/176
Brilliance 230W5BBS	23	TFT	1920x1200	24	16	250	500:1	176/176

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м^2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
RoverScan								
Smart 151+TS	15	TN+Film	1024x768	24	25	200	250:1	120/100
Smart 152	15	TFT	1024x768	24	30	230	300:1	80/120
Future 172	17	TFT	1280x1024	24	20	250	430:1	160/130
Vision 171	17	TFT	1280x768	24	25	400	400:1	160/160
Future 192	19	TFT	1280x1024	24	25	300	700:1	170/170
Vision 261	26	TFT	1280x768	24	23	450	500:1	170/170
Vision 301	30	TFT	1280x768	24	16	500	500:1	170/170
Samsung								
SyncMaster 510M	15	TN+Film	1024x768	18	16	250	400:1	150/120
SyncMaster 510MP	15	TN+Film	1024x768	18	25	250	400:1	150/120
SyncMaster 510N	15	TN+Film	1024x768	18	16	250	400:1	150/120
SyncMaster 51OT	15	TN+Film	1024x768	18	16	250	400:1	150/120
SyncMaster 172X	17	TN+Film	1280x1024	18	12	270	500:1	160/140
SyncMaster 173MP	17	TN+Film	1280x1024	18	25	350	400:1	150/120
SyncMaster 173MW	17	TN+Film	1280x768	18	25	450	500:1	150/120

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
SyncMaster 710M	17	TN+Film	1280x1024	18	25	290	500:1	150/120
SyncMaster 710MP	17	TN+Film	1280x1024	18	25	270	450:1	150/120
SyncMaster 71ON	17	TN+Film	1280x1024	18	12	300	600:1	160/160
SyncMaster 71OT	17	TN+Film	1280x1024	18	12	300	600:1	160/160
SyncMaster 710V	17	TN+Film	1280x1024	18	25	290	500:1	150/120
SynkMaster 173P	17	TN+Film	1280x1024	18	25	270	500:1	150/120
SyncMaster 192MP	19	PVA	1280x1024	24	25	250	700:1	178/178
SyncMaster 193P	19	PVA	1280x1024	24	20	250	700:1	178/178
SyncMaster 91OM	19	PVA	1280x1024	24	25	250	700:1	178/178
SyncMaster 910N	19	PVA	1280x1024	24	25	250	700:1	178/178
SyncMaster 91OT	19	PVA	1280x1024	24	25	250	700:1	178/178
SyncMaster 910V	19	PVA	1280x1024	24	25	250	700:1	178/178
Sharp								
LL-A15A4	15	TN+Film	1024x768	18	25	260	350:1	160/135

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
LL-A15G4	15	TN+Film	1024x768	18	25	260	350:1	160/135
LL-T15A4	15	TN+Film	1024x768	18	25	260	350:1	160/135
LL-T15G4	15	TN+Film	1024x768	18	25	260	350:1	160/135
LL-171A	17	TN+Film	1280x1024	18	20	250	430:1	160/130
LL-171G	17	TN+Film	1280x1024	18	20	250	430:1	160/130
LL-171ME	17	TN+Film	1280x768	18	25	260	600:1	170/170
LL-172AB	17	TN+Film	1280x1024	18	16	300	450:1	160/160
LL-172GB	17	TN+Film	1280x1024	18	16	300	450:1	160/160
LL-191A	17	TN+Film	1280x1024	18	16	220	500:1	160/160
LL-A17A4	17	TN+Film	1280x1024	18	20	250	430:1	170/150
LL-A17D4	17	TN+Film	1280x1024	18	20	250	430:1	170/150
LL-T17A4	17	TN+Film	1280x1024	18	20	250	430:1	170/150
LL-T17D4	17	TN+Film	1280x1024	18	20	250	430:1	170/150
LL-T18A1	18	TFT	1280x1024	24	30	250	350:1	160/160
LL-T19D1	19	TFT	1280x1024	24	25	300	700:1	170/170
LL-T2015	20	TFT	1600x1200	24	16	250	400:1	176/176
LL-T2020	20	TFT	1600x1200	24	25	220	350:1	170/170
Sony								
SDM-HS73P/B	17	TN+Film	1280x1024	18	16	400	500:1	160/160
SDM-HS73P/B	17	TFT	1280x1024	24	16	400	500:1	160/160

Модель	Диагональ, дюймов	Тип матрицы	Разрешение, пиксел	Глубина цвета, бит	Время отклика, мс	Яркость, кд/м2	Контрастность	Углы обзора по горизонтали/ вертикали, град.
SDM-HS74P/B/S	17	TN+Film	1280x1024	18	16	400	500:1	160/160
SDM-HS94P/B/S	19	TN+Film	1280x1024	18	12	400	500:1	160/160
SDM-S204/B	20,1	TFT	1600x1200	24	25	250	500:1	170/170
SDM-P234/B	23	TFT	1920x1200	24	25	250	500:1	176/176

Параметры видеокарт

Модель	GPU	Частота ядра, МГц	Частота памяти (DDR), МГц	Тип памяти и шина, бит	ПСП	ПК
nVidia						
GeForce 256	NV10	120	166	SDR-128	2,6	4
GeForce 256 DDR	NV10	120	150(300)	DDR-128	5,2	4
GeForce 2 MX	NV11	175	166(333)	SDR-128	2,7	2
GeForce 2 MX 200	NV11	175	166	SDR-64	1,3	2
GeForce 2 MX 400	NV11	200	183(366)	SDR-128	2,9	2
GeForce 2 GTS	NV15	200	166(333)	DDR-128	5,3	4
GeForce 2 PRO	NV15	200	200 (400)	DDR-128	6,4	4
GeForce 2 Ultra	NV15A	250	230 (460)	DDR-128	7,3	4
GeForce 2 Titanium	NV15A	250	200 (400)	DDR-128	6,4	4
GeForce 2 Ti VX	NV15A	225	200 (400)	DDR-128	6,4	4
GeForce 3	NV20	200	230 (460)	DDR-128	7,3	4
GeForce 3 Ti200	NV20	175	200 (400)	DDR-128	6,4	4
GeForce 3 Ti500	NV20	240	250 (500)	DDR-128	8.0	4
GeForce 4 MX 420	NV17S	250	166(333)	SDR-128	2,6	2
GeForce 4 MX 440-SE	NV17	250	166(333)	DDR-64/128	2,6/5,3	2
GeForce 4 MX 440	NV17	270	200 (400)	DDR-128	6,4	2
GeForce 4 MX 460	NV17	300	275 (550)	DDR-128	8,8	2
GeForce 4 MX 440-8X / 480	NV18	275	256(512)	DDR-128	8,1	2
GeForce 4 MX 4000	NV18B	275	. 200 (400)	DDR-32/64	1,6/3,2	2

TMU на ПК	Текстур за такт	Текстур за проход	Вершинные конвейеры	Fill Rate (Мтекс/с)	DirectX	Интерфейс	RAMDAC
1	4	2	нет	480	7.0	AGP 4X	350
1	4	2	нет	480	7.0	AGP 4X	350
2	4	2	нет	700	7.0	AGP 4x	350/150
2	4	2	нет	350	7.0	AGP 4X	350/150
2	4	2	нет	800	7.0	AGP 4x	350/150
2	8	2	нет	1600	7.0	AGP 4X	350
2	8	2	нет	1600	7.0	AGP 4X	350
2	8	2	нет	2000	7.0	AGP 4X	350
2	8	2	нет	2000	7.0	AGP 4X	350
2	8	2	нет	1800	7.0	AGP 4x	350
2	8	4	1	1600	8.0	AGP 4x	350
2	8	4	1	1400	8.0	AGP 4X	350
2	8	4	1	1920	8.0	AGP 4X	350
2	4	2	нет	1000	7,1	AGP 4X	2x350
2	4	2	нет	1000	7,1	AGP 4X	2x350
2	4	2	нет	1080	7,1	AGP 4x	2x350
2	4	2	нет	1200	7,1	AGP 4X	2x350
2	4	2	нет	1100	7,1	AGP 8x / PCI	2x350
2	4	2	нет	1100	7,1	AGP 8x/ PCI	2x350

Модель	GPU	Частота ядра, МГц	Частота памяти (DDR), МГц	Тип памяти и шина, бит	ПСП	ПК
GeForce 4 Ti 4200	NV25	250	222 (444)	DDR-128	7,1	4
GeForce 4 Ti 4400	NV25	275	275 (550)	DDR-128	8,8	4
GeForce 4 Ti 4600	NV25	300	325 (650)	DDR-128	10,4	4
GeForce 4 Ti 4200-8X	NV28	250	256(512)	DDR-128	8,1	4
GeForce 4 Ti 4800-SE	NV28	275	275 (550)	DDR-128	8,8	4
GeForce 4 Ti 4800	NV28	300	325 (650)	DDR-128	10,4	4
GeForce FX 5200 SE	NV34	250	200 (400)	DDR-64	3,2	4(2)
GeForce FX 5200	NV34	250	200 (400)	DDR-128	6,4	4(2)
GeForce FX 5200 Ultra	NV34	325	325 (650)	DDR-128	10,4	4(2)
GeForce FX 5500	NV34	270	200 (400)	DDR-64/128	3,2/6,4	4(2)
GeForce FX 5600	NV31	325	275 (550)	DDR-128	8,8	4(2)
GeForce FX 5600 XT	NV31	235	200 (400)	DDR-64/128	3,2/6,4	4(2)
GeForce FX 5600 Ultra	NV31	400	400 (800)	DDR-128	12,8	4(2)
GeForce FX 5700 LE	NV36	250	200 (400)	DDR-128	6,4	4(2)
GeForce FX 5700	NV36	425	275 (550)	DDR-128	8,8	4(2)
GeForce FX 5700 Ultra DDR-2	NV36	475	450 (900)	DDR II-128	14,2	4(2)
GeForce FX 5700 Ultra DDR-3	NV36	475	475 (950)	DDR 3-128	15,2	4(2)
GeForce FX 5800	NV30	400	400 (800)	DDR II- 128	12,8	8(4)
GeForce FX 5800 Ultra	NV30	500	500(1000)	DDR II-128	16	8(4)

TMU на ПК	Текстур за такт	Текстур за проход	Вершинные конвейеры	Fill Rate (Мтекс/с)	DirectX	Интерфейс	RAMDAC
2	8	4	2	2000	8.0	AGP 4X	2x350
2	8	4	2	2200	8.0	AGP 4X	2x350
2	8	4	2	2400	8.0	AGP 4X	2x350
2	8	4	2	2000	8.0	AGP 8x	2x350
2	8	4	2	2200	8.0	AGP 8X	2x350
2	8	4	2	2400	8.0	AGP 8x	2x350
1(2)	4	16	1	1000	9.0	AGP 8X	2x350
1(2)	4	16	1	1000	9.0	AGP 8x / PCI	2x350
1(2)	4	16	1	1300	9.0	AGP 8x	2x350
1(2)	4	16	1	1080	9.0	AGP 8x	2x350
1(2)	4	16	2	1300	9+	AGP 8x	2x400
1(2)	4	16	2	940	9+	AGP 8x	2x400
1(2)	4	16	2	1600	9+	AGP 8x	2x400
1(2)	4	16	3	1000	9+	AGP 8x	2x400
1(2)	4	16	3	1700	9+	AGP 8x	2x400
1(2)	4	16	3	1900	9+	AGP 8x	2x400
1(2)	4	16	3	1900	9+	AGP 8x	2x400
1(2)	8	16	3	3200	9+	AGP 8x	2x400
1(2)	8	16	3	4000	9+	AGP 8x	2x400

Модель	GPU	Частота ядра, МГц	Частота памяти (DDR), МГц	Тип памяти и шина, бит	ПСП	ПК
GeForce FX 5900 XT	NV35	390	350 (700)	DDR-256	22,4	8(4)
GeForce FX 5900	NV35	400	425 (850)	DDR-256	25,6	8(4)
GeForce FX 5900 Ultra	NV35	450	425 (850)	DDR-256	27,2	8(4)
GeForce FX 5950 Ultra	NV38	475	475 (950)	DDR-256	30,4	8(4)
GeForce PCX 4300	NV18B	275	200 (400)	DDR-32/64	1,6/3,2	2
GeForce PCX 5300	NV34	250	200 (400)	DDR-64 / 128	3,2/6,4	4(2)
GeForce PCX 5550	NV34	275	200 (400)	DDR-128	6,4	4(2)
GeForce PCX 5750	NV36	425	250 (500)	DDR-128	8.0	4(2)
GeForce PCX 5900	NV35	350	275 (550)	DDR-256	17,6	8(4)
GeForce PCX 5950	NV38	475	475 (950)	DDR-256	30,4	8(4)
GeForce 6200	NV44*	300	275 (550)	DDR-128	8,8	4
GeForce 6600	NV43	300	300 (600)	DDR-128	9,6	8
GeForce 6600 GT AGP 8x	NV43	500	450 (900)	DDR 3-128	14,4	8
GeForce 6600 GT PCI-E	NV43	500	500 (1000)	DDR 3-128	16.0	8
GeForce 6610 XL	NV43	400	450 (900)	DDR 3-128	14,4	8
GeForce 6800 LE	NV40/ 41"	300-325	350 (700)	DDR-256	22,4	8(16)
GeForce 6800 DDR-1	NV40/41	325	350 (700)	DDR-256	22,4	12(16)
GeForce 6800 DDR-3	NV40/41	350	500 (1000)	DDR 3-256	32.0	16
GeForce 6800 GT DDR-1	NV40/45	325	350 (700)	DDR 3-256	22,4	16
GeForce 6800 GT DDR-3	NV40/45	350	500 (1000)	DDR 3-256	32.0	16

TMU на ПК	**Текстур за такт**	**Текстур за проход**	**Вершинные конвейеры**	**Fill Rate (Мтекс/с)**	**DirectX**	**Интерфейс**	**RAMDAC**
1(2)	8	16	3	3120	9+	AGP 8X	2x400
1(2)	8	16	3	3200	9+	AGP 8X	2x400
1(2)	8	16	3	3600	9+	AGP 8X	2x400
1(2)	8	16	3	3800	9+	AGP 8X	2x400
2	4	2	нет	1100	7,1	PCI-E 16X	2x350
1(2)	4	16	2	1000	9.0	PCI-E 16X	2x350
1(2)	4	16	2	1100	9.0	PCI-E 16X	2x350
1(2)	4	16	3	1700	9+	PCI-E 16X	2x400
1(2)	8	16	3	2800	9+	PCI-E 16x	2x400
1(2)	8	16	3	3800	9+	PCI-E 16x	2x400
1	4	?	3	1200	9.0c	PCI-E 16X	?
1	8	?	3	2400	9.0c	PCI-E 16x	2x400
1	8	?	3	4000	9.0c	AGP 8X	2x400
1	8	?	3	4000	9.0c	PCI-E 16X	2x400
1	8	?	3	3200	9.0c	PCI-E 16X	2x400
1	8	?	4	2600	9.0c	PCI-E 16X	2x400
1	12	12	5	3900	9.0c	PCI-E 16x	2x400
1	12	12	5	4200	9.0c	PCI-E 16x	2x400
1	16	16	6	5200	9.0c	PCI-E 16X	2x400
1	16	16	6	5600	9.0c	PCI-E 16X	2x400

Модель	GPU	Частота ядра, МГц	Частота памяти (DDR), МГц	Тип памяти и шина, бит	ПСП	ПК
GeForce 6800 Ultra	NV40/45	400	550(1100)	DDR 3-256	35,2	16
GeForce 6800 Ultra Extreme	NV40/45	450	550(1100)	DDR 3-256	35,2	16
ATI						
Radeon VE	RV100	183	183	SDR-128	1,4	1
Radeon SDR	R100	166	166	SDR-128	2,6	2
Radeon DDR	R100	183	183(366)	DDR-128	2,9	2
Radeon DDR OEM	R100	166	166(333)	DDR-128	2,6	2
Radeon LE	R100	143	143(286)	DDR-128	2,2	2
Radeon 7200	R100	150	150	SDR-128	2,4	2
Radeon 7500	RV200	290	230(460)	DDR-128	7,4	2
Radeon 8500	R200	275	275(550)	DDR-128	8,8	4
Radeon 8500 LE/9100***	R200	250	250(500)	DDR-128	8.0	4
Radeon 9000 XT	RV250	250	183(366)	DDR-128	5,85	4
Radeon 9000	RV250	250	200(400)	DDR-128	6,4	4
Radeon 9000 PRO	RV250	275	275(550)	DDR-128	8,8	4
Radeon 9200 SE	RV280	200	166(333)	DDR-128	5,3	4
Radeon 9200	RV280	250	200(400)	DDR-128	6,8	4
Radeon 9200 PRO	RV280	275	275(550)	DDR-128	8,8	4
Radeon 9250	RV280	240	200(400)	DDR-128	6,4	4
Radeon 9500 64	R300	275	270(540)	DDR-128	8,6	4(8)
Radeon 9500 128	R300	275	270(540)	DDR-128	8,6	4(8)
Radeon 9500 PRO	R300	275	270(540)	DDR-128	8,6	8
Radeon 9550 SE	RV350LX	250	200(400)	DDR-64	3,2	4
Radeon 9550	RV350LX	250	200(400)	DDR-128	6,4	4
Radeon 9550 XT	RV350LX	400	250(500)	DDR-128	8.0	4

TMU на ПК	Текстур за такт	Текстур за проход	Вершинные конвейеры	Fill Rate (Мтекс/с)	DirectX	Интерфейс	RAMDAC
1	16	16	6	6400	9.0c	PCI-E 16X	2x400
1	16	16	6	7200	9.0c	PCI-E 16X	2x400
3	3	3	нет	549	7.0	AGP 4x	2x300
3	6	3	нет	1000	7.0	AGP 4X	360
3	6	3	нет	1098	7.0	AGP 4X	360
3	6	3	нет	1000	7.0	AGP 4X	360
3	6	3	нет	858	7.0	AGP 4X	360
3	6	3	нет	900	7.0	AGP 4X	300
3	6	3	2	1740	7.0	AGP 4X	2x350
2	8	3	2	2200	8,1	AGP 4X	400/240
2	8	3	2	2000	8,1	AGP 4X	400/240
1	4	3	2	1000	8,1	AGP 4X	350
1	4	6	2	1000	8,1	AGP 4X	350
1	4	6	2	1100	8,1	AGP 4X	350
1	4	6	2	800	8,1	AGP 8X	350
1	4	6	2	1000	8,1	AGP 8X	350
1	4	6	2	1100	8,1	AGP 8X	350
1	4	6	2	960	8,1	AGP 8X	350
1	4	16	4	1100	9.0	AGP 8X	2x400
1	4	16	4	1100	9.0	AGP 8X	2x400
1	8	16	4	2200	9.0	AGP 8X	2x400
1	4	16	2	1000	9.0	AGP 8X	2x400
1	4	16	2	1000	9.0	AGP 8X	2x400
1	4	16	2	1600	9.0	AGP 8X	2x400

Модель	GPU	Частота ядра, МГц	Частота памяти (DDR), МГц	Тип памяти и шина, бит	ПСП	ПК
Radeon 9600 SE	RV350/360	325	200 (400)	DDR-64	3,2	4
Radeon 9600	RV350/360	325	200 (400)	DDR-128	6,4	4
Radeon 9600 PRO	RV350/360	400	300 (600)	DDR-128	9,6	4
Radeon 9600 XT	RV360	500	300 (600)	DDR-128	9,6	4
Radeon 9700	R300	275	270 (540)	DDR-256	17,3	8
Radeon 9700 PRO	R300	325	310 (620)	DDR-256	19,8	8
Radeon 9800 SE-128	R350/360	275	250 (500)	DDR-128	8.0	4(8)
Radeon 9800 SE-256	R350/360	325	290 (580)	DDR-256	18,5	4(8)
Radeon 9800	R350/360	325	290 (580)	DDR-256	18,5	8
Radeon 9800 PRO DDR	R350/360	380	340 (680)	DDR-256	21,8	8
Radeon 9800 PRO DDR II	R350	380	350 (700)	DDR II - 256	22,4	8
Radeon 9800 XT	R360	412	365 (730)	DDR-256	23,3	8
Radeon X300 SE	RV370	325	200 (400)	DDR-64	3,2	4
Radeon X300	RV370	325	200 (400)	DDR-128	6,4	4
Radeon X600 PRO	RV380	400	300 (600)	DDR-128	9,6	4
Radeon X600 XT	RV380	500	370 (740)	DDR-128	11,8	4
Radeon X700	RV410	400	350 (700)	DDR-128	11,2	8
Radeon X700 PRO	RV410	420	432 (864)	DDR 3 - 128	13,8	8
Radeon X700 XT	RV410	475	525 (1050)	DDR 3-128	16,8	8
Radeon X800 SE	R420/423	425	400 (800)	DDR 3 - 256	22,4	8(16)
Radeon X800 PRO	R420	475	450 (900)	DDR 3 - 256	28,8	12(16)

TMU на ПК	Текстур за такт	Текстур за проход	Вершинные конвейеры	Fill Rate (Мтекс/с)	DirectX	Интерфейс	RAMDAC
1	4	16	2	1300	9.0	AGP 8x	2x400
1	4	16	2	1300	9.0	AGP 8x	2x400
1	4	16	2	1600	9.0	AGP 8X	2x400
1	4	16	2	2000	9.0	AGP 8x	2x400
1	8	16	4	2200	9.0	AGP 8x	2x400
1	8	16	4	2600	9.0	AGP 8x	2x400
1	4	16	4	1100	9.0	AGP 8x	2x400
1	4	16	4	1300	9.0	AGP 8x	2x400
1	8	16	4	2600	9.0	AGP 8x	2x400
1	8	16	4	3040	9.0	AGP 8x	2x400
1	8	16	4	3040	9.0	AGP 8x	2x400
1	8	16	4	3296	9.0	AGP 8x	2x400
1	4	16	2	1300	9.0	PCI-E 16X	2x400
1	4	16	2	1300	9.0	PCI-E 16X	2x400
1	4	16	2	1600	9.0	PCI-E 16X	2x400
1	4	16	2	2000	9.0	PCI-E 16X	2x400
1	8	16	6	3200	9.0b	PCI-E 16X	2x400
1	8	16	6	3360	9.0b	PCI-E 16X	2x400
1	8	16	6	3800	9.0b	PCI-E 16X	2x400
1	8	?	6	3400	9.0b	PCI-E 16X	2x400
1	12	?	6	5700	9.0b	AGP 8x	2x400

Модель	GPU	Частота ядра, МГц	Частота памяти (DDR), МГц	Тип памяти и шина, бит	ПСП	ПК
Radeon X800	R430	400	350 (700)	DDR-256	22,4	12(16)
Radeon X800 XL	R430	400	500 (1000)	DDR3 - 256	32.0	16
Radeon X800 XT	R420/ 423	500	500 (1000)	DDR3 - 256	32.0	16
Radeon X800 XTPE	R420/ 423	520	565 (1120)	DDR3 - 256	35,8	16
Radeon X850 PRO	R480	520	540 (1080)	DDR3 - 256	34,5	12
Radeon X850 XT	R480	520	540 (1080)	DDR3 - 256	34,5	16
Radeon X850 XTPE	R480	540	590 (1180)	DDR3 - 256	37,7	16
SIS						
SiS300	?	125	166	SDR-128	2,66	1
SiS305	?	125	125	SDR-64	1.0	1
SiS315	?	166	166	SDR-64	1,3	2
Xabre 80	Xabre	200	166 (333)	SDR-128	2,7	4
Xabre 200	Xabre	200	166 (333)	DDR-128	5,3	4
Xabre 400	Xabre	250	250 (500)	DDR-128	8.0	4
Xabre 600	Xabre	300	300 (600)	DDR-128	9,6	4
XGI Technologies						
Volari V3 DDR	?	300	300 (600)	DDR-128	9,6	2
Volari V5 DDR	?	300	325 (650)	DDR-128	10,4	4
Volari V5 DDR II	?	300	450 (900)	DDR II-128	14,4	4
Volari V5 Ultra DDR	?	350	375 (750)	DDR-128	12.0	4
Volari V5 Ultra DDR II	?	350	450 (900)	DDR II-128	14,4	4
Volari V8 DDR	?	300	325 (650)	DDR-128	10,4	8
Volari V8 DDR II	?	300	450 (900)	DDR II-128	14,4	8
Volari V8 Ultra DDR	?	350	375 (750)	DDR-128	12.0	8

TMU на ПК	Текстур за такт	Текстур за проход	Вершинные конвейеры	Fill Rate (Мтекс/с)	DirectX	Интерфейс	RAMDAC
1	12	?	6	4800	9.0b	PCI-E 16X	2x400
1	16	?	6	6400	9.0b	PCI-E 16X	2x400
1	16	16	6	8000	9.0b	PCI-E 16X	2x400
1	16	16	6	8320	9.0b	PCI-E 16x	2x400
1	12	?	6	6240	9.0b	PCI-E 16X	2x400
1	16	?	6	8320	9.0b	PCI-E 16x	2x400
1	16	?	6	8640	9.0b	PCI-E 16X	2x400
1	1	?	нет	125	?	?	350
1	1	?	нет	125	?	?	?
1	2	?	нет	333	?	AGP 4X	366
2	8	?	нет	1600	8.0	AGP 4X	375/135
2	8	?	нет	1600	8.0	AGP 8x	375/135
2	8	?	нет	2000	8.0	AGP 8x	375/135
2	8	4	нет	2400	8.0	AGP 8x	375/135
?	?	?	2	?	8.0	AGP 8x	2x400
2	?	?	2	?	9.0	AGP 8x	2x400
?	?	?	2	?	9.0	AGP 8X	2x400
?	?	?	2	?	9.0	AGP 8x	2x400
?	?	?	2	?	9.0	AGP 8x	2x400
1	8	?	2	2400	9.0	AGP 8x	2x400
1	8	?	2	2400	9.0	AGP 8x	2x400
1	8	?	2	2800	9.0	AGP 8x	2x400

Модель	GPU	Частота ядра, МГц	Частота памяти (DDR). МГц	Тип памяти и шина, бит	ПСП	ПК
Volari V8 Ultra DDR II	?	350	450 (900)	DDRII-128	14,4	8
Volari Duo V5 Ultra DDR	?	2x350	2x375 (750)	DDR-128X2	24.0	4x2
Volari Duo V5 Ultra DDR II	?	2x350	2x450 (900)	DDRII-128x2	28,8	4x2
Volari Duo V8 Ultra DDR	?	2x350	2X375 (750)	DDR-128x2	24.0	8x2
Volari Duo V8 Ultra DDR II	?	2x350	2x450 (900)	DDRII-128x2	28,8	8x2
S3 Graphics						
Savage 3D	?	100	125	SDR-64	1.0	1
Savage 4 GT	?	110	125	SDR-64	1.0	1
Savage 4 PRO+	?	125	143	SDR-64	1,14	1
Savage 2000	?	125	166	SDR-128	2,66	2
Savage XP	?	166	180(360)	DDR-128	5,8	2
Delta Chrome S4	?	300 (?)	300 (600)	DDR-128	9,6	4
Delta Chrome S8	?	300	300 (600)	DDR-128	9,6	8
Delta Chrome S8 Nitro	?	325	325 (650)	DDR-128	10,4	8
Delta Chrome F1	?	300	350 (700)	DDR-128	11,2	8
MATROX						
G200	G200	100	100	SDR-64	0,8	1
G400	G400	125	166	SDR-128	2,7	2
G400 MAX	G400 MAX	150	200	SDR-128	3,2	2
G450	G450	126	166(333)	DDR-64	2,7	2
G550	G550	126	166(333)	DDR-64	2,7	2
Parhelia 512	G1000	220	275 (550)	DDR-256	17,6	4
Millenium P650	Parhelia	190	230 (460)	DDR-128	7,4	2
Millenium P750	Parhelia	?	275 (550)	DDR-128	8,8	2

TMU на ПК	Текстур за такт	Текстур за проход	Вершинные конвейеры	Fill Rate (Мтекс/с)	DirectX	Интерфейс	RAMDAC
1	8	?	2	2800	9.0	AGP 8X	2x400
?	?	?	2 x 2	?	9.0	AGP 8x	2x400
?	9	?	2 x 2	?	9.0	AGP 8X	2x400
1	16	?	2 x 2	5600	9.0	AGP 8x	2x400
1	16	?	2 x 2	5600	9.0	AGP 8X	2x400
1	1	?	?	100	?	?	?
2	2	?	?	220	?	?	300
2	2	?	?	250	?	?	300
2	4	?	?	500	?	?	350
2	4	?	?	667	?	?	350
1	4	9	2	1600	9+	AGP 8x	400
1	8	?	4	2400	9+	AGP 8x	400
1	8	?	4	2600	9+	AGP 8X	400
1	8	?	4	2400	9+	AGP 8X	400
1	1	?	нет	100	?	?	250
1	2	3	нет	250	6.0	AGP 4X	360/135
1	2	3	нет	300	6.0	AGP 4X	360/135
1	2	3	нет	250	?	AGP 4X	360/320
2	4	3	нет	500	?	AGP 4X	360/320
4	16	4	4	3520	8,1	AGP 4x	2x400/ 165
4	8	4	9	1520	?	AGP 8X	2x400
4	8	4	?	?	?	AGP 8X	2x400/ 165

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

E

F

G

H

I

R

S

U

V

W

Z

А

Б

В

Н

О

П

Р

С

Т

ф

Мураховский Виктор Иванович

Железо ПК. Новые возможности

Главный редактор	*Е. Строганова*
Заведующий редакцией	*А. Кривцов*
Руководитель проекта	*Л. Панич*
Литературный редактор	*И. Симонович*
Научный редактор	С. *Симонович*
Художник обложки	*К. Радзевич*
Корректор	*О. Голотвина*

Лицензия ИД № 05784 от 07.09.01.

Подписано в печать 20.05.05. Формат 70X100/16. Усл. п. л. 47,73.
Тираж 7000 экз. Заказ № 1797.
ООО «Питер Принт». 194044, Санкт-Петербург, пр. Б. Сампсониевский, д. 29а.
Налоговая льгота — общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, том 2; 953005 — литература учебная.
Отпечатано с готовых диапозитивов в ФГУП «Печатный двор» им. А.М. Горького
Министерства РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
197110, Санкт-Петербург, Чкаловский пр., 15.

В. Мураховский

ЖЕЛЕЗО ПК
новые возможности

В книге дана масштабная картина современного состояния аппаратных средств вычислительной техники и компьютерных технологий с акцентом на их практическое применение. Подробно рассмотрены типовые платформы персональных компьютеров: настольных, мобильных, карманных. Показаны особенности накопителей, дисплеев, мультимедийных компонентов, устройств управления и ввода данных. Широко представлены современные архитектуры центральных и графических процессоров, чипсетов, модулей памяти.

Популярный уровень изложения позволяет использовать книгу как практическое руководство, доступное читателю, не имеющему специальной подготовки. Четкая структура подачи материала и насыщенность информацией превращают издание в удобное справочное пособие.



Заказ книг:
197198, Санкт-Петербург, а/я 619
тел.: (812) 703-73-74, postbook@piter.com
61093, Харьков-93, а/я 9130
тел.: (057) 712-27-05, piter@kharkov.piter.com
www.piter.com — вся информация о книгах и веб-магазин

ISBN 5-469-01056-2
9 785469 010562